

د. كلفورد أ. بكوفر

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكينج

الجزء الثاني

ترجمة

د. إيمان نوري الجنابي

1432 هـ - 2011م

ح وزارة الثقافة والإعلام، المجلة العربية، 1432هـ
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
بكوفر. كلفورد أ.
رواد العلم عبر القرون من أرخميدس حتى هاوكنج/ كلفورد أ.
بكوفر . الرياض، 1432هـ
3 مج.
1076ص : 23.5x15.5 سم
ردمك 7_02_8079_603_978 (مجموعة)
8_05_8079_603_978 (ج3)
1 ـ العلماء 2 ـ العلوم ـ تراجم أ. العنوان
ديوي 925 1432/820

رقم الإيداع: 1432/820
ردمك: 7_02_8079_603_978 (مجموعة)
8_05_8079_603_978 (ج3)

قوانين العلوم والعقول الجبارة التي أبدعتها

ARCHIMEDES
TO HAWKING
CLIFFORD A.
PICKOVER
Oxford
UNIVERSITY PRESS
2008

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكنج

تأليف

د. كلفورد أ. بكوفر

ترجمة

الدكتور إيمان نوري الجنابي

الطبعة الأولى

1432هـ - 2011 م



15

الباب الثاني

الفصل الثالث

القرن التاسع عشر - (1800 - 1900)

الباب الثاني

الفصل الثالث

1800 - 1900



– للعلـم نكهـة بديعة وطبيعـة رقيقة، فهو سيستمـر بإمتاعنا ويتابـع مفاجأتنا بالكثير من الابتـكارات والاختراعـات وبعد ذلك سيُبهرنـا بوضع الأساليب والتصاميـم، وأخيرا وفي صلب ذلك التطور العلمي ستتجسـد التكنولوجيا التي ستوفر لنا الآلات العلمية والأدوات المعرفية الضرورية لتحقيق ما سبق اكتشافه وابتكاره واختراعه من الطرق الجديدة. وعليه فما نسميه إنجازاتنا العلمية اليوم هو: التعرف على طرق جديدة، وما نطلق عليه التطور هو تجديد استفادتنـا من تلك الطرق. وأخيرا سنقتنع حتما بأن التطور الحقيقي والتقدم هو في طبيعة ما نعرف... أكثر من كونه اتساعا وامتدادا لما نعرف فعلا.

كلي

Kevin Kelly، (Speculations on the Future of Science)

مقتطف من كتابه (توقعات حول مستقبل العلم).

– إذا مـا صرح عالم جليل مرموق بـأن شيئاً ما لابد أن يكون موجودا وممكنا فعلى الغالب الأعم سيكون على حق، ولكنه إذا ما أصر على أن شيئاً ما مستحيل ولا يمكن أن يكون فغالبا ما سيكون على خطأ.

كلارك

Arthur C. Clark، Profiles of the Future، 1962.

مقتطف من كتابه (سمات المستقبل).

– ... ولكـن إذا مـا سانـد الجمهور فكـرة عالم حصيف خبـير واندفعوا خلفهـا هستيريا وعاطفيا، فعلى الغالب الأعم سيكون ذلك العالم الجليل على حق.

اسيموف

Quasar، Quasar[1] Burning Bright، 1976 Isaac Asimov[2]،

مقتطف من كتابه (الكويزرات البراقة).

---

(1) Quasar – مجموعـة محـددة من الأجـرام السماوية (ويعتقد أنها نجـوم هائلة أو مجرات منفجرة تمتـاز بزيغها الأحمر (Red Shift) وبشـدة لمعانهـا مما يعكس بعدها الساحق عنا وطاقتها الهائلة الناتجة عنها والعنوان المذكور هو لمجموعته القصصية الثالثة عشرة والتي تحتوي على سبع عشرة قصة من ضمنها واحدة تحمل هذا العنوان، كتبها ما بين 6 أيار (مايو) 1976 – أيلول (سبتمبر) 1977. (المترجم).

(2) Isaac Asimov: راجع الحاشية رقم (1) الخاصة به أسفل صفحة (98). (المترجم).

– لقد تمكن العلماء والمهتمون – وعن جدارة – من تنفس الصعداء حينما أوشكت شمس القــرن التاسع عشر على الغروب ونجمــه إلى الأفول. لقد صار بإمكانهم التمتع بالنوم الهنيء لأنهــم تأكدوا من أنهم قد انتهوا من وضع أصابعهم على أغلب إن لم نقل على جميع خوافي الفيزيــاء ومعضلاتها، وقد حلوا وسيطروا على كافة مشاكلهــا وأسرارها. فهم قد تمكنوا من وضع المعادلات الرياضية الراسخة والتي تفسر كافة الظواهر الكهربائية والمغناطيسية وتصرف الغــازات والضوء والصوت، وفهموا الحركة والإحصاء والميكانيك حتى دانت جميعها لهم بالطاعة والولاء واستجابت لما وضعوه من أسس وقوانين بالوفاء. ومن لا يغبطهم على كل ذلك وقــد كللوا نجاحاتهم أخيرا باكتشاف الأشعة السينيــة وأنبوب الأشعة الكاثودية والإلكترون والنشاط الإشعاعــي وتمكنوا من (اختراع) وحدات الأوم والواط والكلفن (الدرجة الحرارة المطلقة) والجول والأمبير ولم ينسوا حتى وحدة الأرك[1] الصغيرة.

برايسون

Bill Bryson، A Short History of Nearly Every thing.

مقتطف من كتابه (الموجز في تاريخ كل شيء).

(1) Erg – هــي وحــدة الطاقة والشغل الميكانيكي في النظام المتري الحديث (سنتيمتر – غرام ثانية – CGS System – واسمها مشتــق من كلمــة (اركون – Ergon) الإغريقية وتعني العمل. وتعرف بأنها مقدار العمــل الذي تنجزه قوة مقدارها (داين واحد) لمسافــة مقدارهــا سنتيمتر واحد ويساوي غرام × سنتيمتر مربع لكل ثانية مربعــة (g. cm2 / S2). والأرك الواحد = 10 إلى القوة السالبــة السابعة جول ويساوي = 624.15 كيكا الكترون فولت، ويساوي(الارك) الواحد (داينا) واحداً مضروباً في سنتيمتر (عن الويكابريا) – (المترجم).

قانون دالتن للضغوط الجزيئية

DALTON'S LAW OF PARTIAL PRESSURES

إنكلترا 1801 ـ

في مزيج غازي، يُسلط كل عنصر ضغطه على جدران الإناء الذي يحويهم جميعا، كما لو كان الوحيد فيه، أو بعبارة أخرى: **الضغط الكلي لمزيج غازي في إناء يساوي حاصل جمع ضغوطهم الجزئية جميعا كل على حدة.**

مصادر ذوات علاقة:

جيمس جول (JAMES JOULE) وقانون شارل للغازات (CHARLES'S GAS LAW) وقانون النسب المتعددة (THE LAW OF MULTIPLE PROPORTIONS) والنظرية الذرية للمادة (THE AROMIC THEORY OF MATERER).

من أحداث عام 1801:

- انتخب (ثوماس جيفرسن – Thomas Jefferson) رئيسا للولايات المتحدة الأمريكية[1].

- اكتشف الكيميائي والفيزيائي الألماني (يوهان فلهلم رتر – Johann Wilhelm Ritter) الأشعة ما فوق البنفسجية، وتوفي عن عمر لم يناهز الثالثة والثلاثين ربما نتيجة كثرة تعريض جسمه لها وإخضاع نفسه للعديد من تجارب الفولتية العالية بسببها.

نص القانون وشرحه:

ينص قانون دالتن للضغوط الجزيئية على أن **كامل الضغط (Pt) المسلط على جدران إناء من قبل خليط غازي لابد وأن يساوي حاصل جمع كافة الضغوط الناتجة من إضافة ضغط كل غاز**

(1) (1743–1826) وهو الرئيس الثالث لها، وهو المحرر الرئيسي لوثيقة استقلالها ويعتبر من الآباء المؤسسين. (المترجم).

(كما لو أنه كان الوحيد في ذلك الإناء وكأنه يشغله بكامله) إلى ضغط كل غاز آخر في المزيج. ويمكن صياغة هذا القانون والذي عُرف بقانون دالتن أو بقانون دالتن لمجموع الضغوط –Dalton's Law of Additive Pressures– بطريقة رياضية كما يلي:

$$\boxed{P_t = p_a + p_b + p_c + \ldots,}$$

حيث يُمثل فيها P_t – الضغط الكلي الناتج عن المزيج بكامله والحاوي على الغازات a و b و c و... الخ.

و p_a و p_b و p_c و... الخ، هي الضغوط الجزئية للغازات المكونة للمزيج، وعليه يمكننا الاستنتاج وكما ذكر سالفا بأن المقصود (بالضغط الجزئي) لأي غاز هو الضغط الذي يسلطه ذلك الغاز على جدران الإناء الذي يحويه وكأنه يُشغله بكامله وذلك تحت نفس ظروف الضغط والحرارة وكأنه لا وجود لبقية غازات المزيج (الذي هو نفسه أحد مكوناته) فيه.

وعليه يمكننا إدراج المثال المبسط التالي؛ عند مزجنا لخليط غازي مكون من كميات مختلفة من غازات الأوكسجين (O_2) والأركون (Ar) والهيليوم (He) في إناء بحيث يكون لهم الضغوط الجزئية التالية 1 و 2 و 3 (جو) على التوالي، فإن الضغط الكلي لذلك المزيج في داخل الإناء الذي يحيويه سيكون:

الضغط الكلي للخليط = الضغط الجزئي للأوكسجين + الضغط الجزئي للأركون + الضغط الجزئي للهيليوم = 6 جو

ويتضمن **(قانون دالتن)** إمكانية اعتبار الضغط الكلي للغلاف الجوي للأرض كحاصل جمع للضغوط الجزئية لكافة مكوناته الغازية وهي ضغط الأوكسجين والنتروجين والأركون وثاني أوكسيد الكربون وبخار الماء وبقية الغازات النادرة في الغلاف الجوي.

لقد افترض **(جون دالتن)** حجما متناهيا في الصغر لكل ذرة أو جزيئة غاز أدخلها في حسابات قانونه وعليه فإن كمية (الفضاء) الموجود بينها لابد وأن يكون من الجسامة والعظم بحيث ستتحرك كل واحدة منها بحرية كاملة في كامل اتجاهاتها ولن تؤثر مطلقا على حركة أية من الذرات أو الجزيئات التي ستشترك معها في أي حيز يصدف أن يتجمعوا فيه، وهذا ما هداه إلى الاعتقاد بأن ضغط نموذج معين من غاز محدد ضمن مزيج من الغازات في حيز معين وتحت ظروف ضغط وحرارة معروفين

لابـد وأن يساوي ضغطه وكأنه يحتل كامل ذلك الحيز. ولكننا حين ندرس تصرفات الغازات تحت ظـروف استثنائية من الحرارة المتدنية جـدا أو الضغوط الهائلة العظيمة، ستتوقع حدوث زيغ بين في تصرفاتها وهذا هو واقع الحال بالفعل. كما علينا أن نتذكر أيضا أن انعدام حدوث أي تفاعل كيميائي بين غازات المزيج الخاضع لهذا القانون لهو من الشروط المهمة جدا لتحقيقه كذلك.

قـد يظهر قانون دالتن (قانونا تافها) للوهلـة الأولى، إلا أنه في الحقيقةواحد من أكثر قوانين الغـازات استعمالا في الحياة العملية، ولتوضيح ذلك دعنـي أذكرك بإحدى التجارب الشيقة التـي يراها ويمارسها طلاب المرحلـة المتوسطة في مختبراتهم حينما يتعرفون على مادة الكيمياء وتجاربهـا لأول مرة؛ تلك هي تجربة جمع الغاز الناتج من تفاعل حامض قوي مع برادة الحديد (Fe) مثـلاً. للحصـول على غـاز الهيدروجين (H_2)، أو مـع بروميـد البوتاسيوم (KBr) للحصول على غاز البرومين (Br). تتم هذه العملية عادة بجمع الغاز المتولد في قنينة عن طريق إزاحــة الماء منها، فحالما ينتهي خروج المـاء من القنينة نعرف حالا بأنها قد امتلأت تماما بالغاز الـذي حل محله، وذلك على فرض أن درجة ذوبان الغـاز المنتج من التجربة في الماء قليلة جداً ويمكن إهمالهـا. والآن إذا وصفنا تلك التجربة بشيء من التفصيـل فسنقول أن قنينة التجربة كانـت قد مُلئت بالماء ونُكست في حوض مملوء بـه، ووصل الأنبوب المتصل بدورق التفاعل إلى فوهتهـا المقلوبـة حيث تبدأ فقاعات الغـاز بالولوج إلى داخلها مزيحـة ماءها إلى الحوض الذي نُكست فيه. وبخروج الماء المحصور في القنينة وحلول الغاز محله سينحصر هو بدوره في داخلها. والآن عليك أن تتذكر بأن كمية الغاز المحصورة في القنينة الآن لا تمثل حجما صافيا مـن الغـاز وإنما هناك مزيج من الغاز الذي يحتوي على كمية معينة من بخار الماء الذي أزاحه. وهنـا يمكننا تطبيق قانون **(دالتن)** لإيجاد ضغـط الغاز الجاف وذلك بطرح مقدار ضغط بخار الماء المتولد في درجة حرارة التجربة من كامل مقدار ضغط الغاز في قنينة التجميع:

ضغط الغاز الجاف = ضغط الغاز الكلي - ضغط بخار الماء في درجة حرارة التجربة.

ويمكننـا في الحقيقة تعويض (مقـدار ضغط بخار الماء الجزئي) بعد نقله مباشرة من الجداول المعمولـة لهـذا الغرض والتي تحتوي على مقادير الضغوط الجزئيـة لبخار الماء في نطاق مدى

واسع جدا من درجات الحرارة. والآن باستخراجنا لقيمة ضغط بخار الماء الجزئي في درجة حرارة التجربة والتي فرضناها بـ (20) درجة مئوية من الجداول المختصة والتي ستكون (2.3 كيلو باسكال) وبالتعويض وبطرحها من ضغط المزيج الكلي والذي قيس ليكون (110 كيلو باسكال) فإننا سنحصل على:

110 - 2.3 = 107.7 كيلو باسكال

يشكل **(قانون دالتن)** موضوعا في غاية الأهمية يستقطب الكثير من الاهتمام من لدن غطاسي الأعماق وذلك لضرورة معرفتهم بأن على صهاريج هواء التنفس التي يحملونها أن تجهزهم بالأوكسجين وبضغط معدل مقداره (0.20) من الضغط الجوي الواحد وذلك لضمان حسن الأداء الوظيفي الفزيولوجي لأجهزتهم التنفسية، وعليه لابد من الانتباه جيدا إلى... والأخذ بالحسبان زيادة ضغط الماء عند بلوغ الأعماق وذلك تلافيا لانطباق الرئتين. وهنا تبرز أهمية صمام (معادلة ضغط الرئتين الداخلي مع ضغط أعماق المياه) وذلك بتحكمه بمقدار زيادة ضغط غاز الهيليوم في كمامة التنفس. ويوظف ذلك الصمام **(قانون دالتن)** عمليا من أجل التحكم بضغط غاز الأوكسجين الذي يتنفسه الغطاسون عن طريق ضبط خلط نسبته مع غاز الهيليوم الذي يجهز منفصلا عن طريق خزان آخر ملحقاً يحملونه على ظهورهم.

للفضوليين فقط:

• هل سمعت بعمى الألوان (الأخضر - الأحمر)؟ هو مرض وراثي متنحي لا يتمكن معه المصاب من رؤية هذين اللونين، سميت هذه الحالة (بالدالتونية) نسبة إلى جون دالتن الذي ولد مصابا بها وقد أجرى عليها العديد من الأبحاث.

• استطاع (دالتن) اكتشاف البيوتيلين (Butylene or Butene - C4H8) وهو غاز يستخدم اليوم في صناعات المطاط، كما تمكن من وضع الصيغة الكيمياوية الصحيحة (للايثر - ether ، $C_2H_5 - O - C_2H_5$) والذي كان يستخدم سابقا في التخدير.

• كان متعدد المواهب متضارب الميول - نشر في عام 1801 إضافة إلى أبحاثه المهمة

حول خصائص الغازات، كتابا في قواعد اللغة الإنكليزية.

• درس في التسعينيات جمع من العلماء إحدى عينيه المحفوظة منذ وفاته، في محاولة منهم للتعرف على سبب معاناته من (عمى الألوان).

أقوال مأثورة:

– رغـم إمكانياتنا العظيمة على تقسيم وتجزئة وتشطير المادة، إلا أني على يقين أنه لابد من الوصول في ذلك إلى حد سوف لن نتمكن من تجزئة المادة بعده، ولقد اخترت كلمة (الذرة – Aton) للتعبير عن ذلك (الجسيم) عظيم الصغر من المادة والذي يستحيل تقسيمه.

دالتن

John Dalton، A New System of Chemical Philosophy، 1808

مقتطف من كتابه المنشور بعنوان (نظام جديد في فلسفة الكيمياء).

– لقـد تمكـن دالتن من الرقي بالمفهـوم الذري من التصور الفلسفـي إلى التنظير العلمي – وذلـك بتأطيره وتهيئته لتفسير المشاهـدات الكمية واقتراح طرق اختبـار وتجريب جديدة، بالإضافة إلى إمكانية إعادة صياغته ليتمكن من التعبير عن التعاملات الكيميائية الكمية وذلك بإنشاء نظام المقارنة النسبية بين كتل ذرات مختلف العناصر.

ارونز

Arnold Arons، Development of Concepts in Physics.

مقتطف من كتابه (تطور المفاهيم في علوم الفيزياء).

– لا يتعـدى مفهومـا التحليل والتركيـب الكيميائيان منطق تفكيك الجزيئـات المادية إلى مكوناتهـا الأصليـة و/أو إعادة تشكيلهـا. وعند استيعابك لمفهوم إمكانيـة علماء الفلك أن يمحـوا كوكبا من كواكب مجموعتنا الشمسية من الوجود أو خلق واحد آخر في مكان مغاير – عندهـا وعندها فقط ستتمكن من إدراك استحالـة إيجاد أو إفناء ذرة هيدروجين واحدة!!

كل مـــا نرومـــه بل كل ما في استطاعتنا (ومهما أوتينا من قـــوة) أن نفعله لم ولن يتعدى حقيقة فصل جزيئات (كانت متحدة سابقا) بعضها عن بعض، أو إعادة تقريب والتحام أخريات كن بعيدات عن بعضهن البعض.

دالتن

John Dafton، A New System of Chemical Philosophy، 1808.

مقتطف من كتابه (النظام الجديد في فلسفة الكيمياء).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد الكيميائي والفيزيائي وعالم الأنواء الجوية الإنكليزي الشهير [جون دالتن John Dalton 1766-1844] في مدينة (ايكلزفيلد - Eaglesfield) في الجزء الشمالي من الجزر البريطانية، وعـــرف عالميـــا بمساهماته الفـــذة في تطوير النظرية الذريـــة، واعتبر أحد الآبـــاء المؤسسين للعلوم الفيزيائية الحديثة.

امتـــاز (دالتن) بكونه إنســانـــا ذا شخصية هادئـــة طموحة متزنة استطـــاع أن يحقق العديد مـــن النجاحات المهنيـــة اللامعة رغم كل ما عاناه في حياته مـــن صعوبات ومتاعب. لقد نشأ (دالـــتن) في أســرة بسيطة شديدة التواضع قليلة المال إلى حد الفقـــر، كما كان هو نفسه مُحدِّثا سيئا كثير التلعثم والأخطاء اللغوية، عانى كثيرا من الحرمان العاطفي فضلا عن الحرمان المادي فلـــم يتمكن مـــن ضم رأسه يوما إلى صدر زوجة عطوف تلفـــه بحنانها وتُنمّي لديه عواطفه، كمـــا كان قد عيب عليه إصابتـــه بعمى الألوان وعدم دقته وتسرعـــه في إجراء تجاربه فوُصف (بالمجرب الفج) قليل الدقة والحذر. ولم يكن أحد ليشك أبدا بإمكانية ظروف أقل قسوة من كل ما ذكرناه على قصم ظهور رجال أباة وتكوين الحواجز والأسوار التي كان بإمكانها أيضا قتـــل كل طموح لأي رجل. ولكن إصـــرار (دالتن) وقوة إرادته جعلته نموذجا استثنائيا للجَلَد والمطاولة حتى استطاع الإدلاء بمشاركاته المتميزة في ميدان النظرية الذرية للمادة والتي تنص علـــى أن كافة أشكال المـــادة في الكون لابد وأن تتألف من وحدات صغيرة غير قابلة للتجزئة تسمـــى الذرات والتي تختلف في أوزانها الواحدة عـــن الأخرى، والتي لها قابلية الاتحاد مع

غيرها بنسب بسيطة. هذا وقد أكدت النظرية وقت ظهورها على استحالة تجزئة الذرة.

ولـد (دالتن) لأب نسّاج انتمى إلى جماعة (الأصدقـاء – Quakers)[1] وسكن مقاطعة (كمبرلانـد – Cumberland) في بريطانيـا، قضـى طفولته بالشقـاء والحرمان، يحرث الحقـول ويساعـد أباه في متجـره لحياكة وبيع الأقمشـة في حين قضت أختـه طفولتها ببيع الأوراق والأحبـار والأقـلام. ولما بلغ الثانيـة عشـرة من عمره شارك في إدارة مدرسة (الأخوة – Quaker's) كما شارك في التعليم فيها. انتقل بعد سنتين منها مع اخيه للتدريس في إحدى المدارس الداخلية في إحدى المـدن الصغيرة وهي مدينة (كندال – Kendal)، أدرك دالتن، رغـم ظروفه التي عانى منها حقيقة شغفـه بالعلوم واعترف بتأثير الفيلسوف الطبيعي الضرير ذائع الصيت (جون كوخ – John Gough) عليه.

كتـب (دالتن) رسالةً في عام ((1783 أفصح فيها عن احترامه وتقديره للرجل الذي رافقه وعلمه وأثر في مسيرة حياته، جاء فيها:

> **((لقد كان أسـتاذي الفاضـل (جون كـوخ- John Gough)) ضـليعا باللغات اللاتينية والإغريقية والفرنسية ولقد كنت أكثر من سعيد ومحظوظ حين تتلمذت على يده، وقد علمني إياهـا جميعا. لقد كان أسـتاذي عبقريا فلذا اكتسـب صـفات نادرة ليس أقلهـا قابليته على اسـتخدام حواس لمسـه وتذوقه وشمه للتعرف على... وتصـنيف كل ما يحيط بنا من نباتات وأعشاب وأزهار ولمسافة قطرها يتجاوز العشرين ميلا. لقد صاحبته سنين طوال وقد تلذذت بتلك الصـحبة كما سـعد هو بها لإشـتراكنا في العديد من المزايا والخصال التي كونت الرابط الحبيب بيننا والشعور الأثير لقلبينا وأهمها عشقنا وولهنا بالمواضيع الرياضية والفلسفية)).**

شغف دالتن بتسجيـل الملاحظات المناخية وبالأخص تغيرات الطقس اليومية، تلك الهواية أو ذلـك الولـع الذي تملكه منذ عـام (1887) وما تـلاه. فقد دأب على تسجيـل مشاهداته

(1) Quaker – حركة دينية يسمى عناصرها أنفسهم بالأصدقاء، نشأت في القرن السابع عشر وتنوعت نحلها وفصائلها وتباينت ميولهـا وعقائدهـا إلا أنهم التزمـوا باجتماعاتهم السنوية. لهم تعاليمهـم الدينية المسيحية الخاصة ويعرفون لـدى العموم بالتزامهم (بالمسيحية العالمية) وتحرير العبيد وحقوق الأقليات، والنساء والمساجين ومثيلي الجنس. (المترجم)

اليوميـة ولفـترة طويلـة حتى آخر يـوم في حياته. لقد جمعـت يومياته تلـك معلومات قيمة ناهـزت (200،000) ملاحظة صنفت بدقة وشملـت كافة علامات ونتائج تغيرات الطقس والمشاهدات المناخية المتغيرة لمنطقة (البحيرة) التي عاش فيها، ولهذا أطلق عليه العلماء الإنكليز وعلى رأسهم [جون فردريك دانييل (1845–1790) John Frederic Daniell] لقب (أبـو الأرصاد الجوية). لقد بلغ حب التسجيل بـ (دالتـون) مبلغا مرضيا عُصابيا لا شك فيه، حيـث صاحبه ذلـك الهوس في حله وترحالـه وحتى في أوقات فراغه ولهـوه فصار يسجل وبدقـة متناهية كافة الإصابـات والهفوات والملاحظات لكل مباراة مـن مباريات كرة القدم الأمريكية التي حضرها أو شاهدها.

أينعت موهبته الفذة في الرياضيات عندما كان في المدرسة، وتمكن من اكتساب شهرة ذائعة جراء تمكنه من الفوز دائما في مباريات الأحاجي والألغاز التي دأبت دورية (يوميات رجالية ويوميات نسائية) على إصدارها سنويا.

لقد حاضر (دالتن) بمهارة في مواضيع متعددة إضافة إلى اختصاصه في الرياضيات، شملت علـوم الحركة والبصريات وعلوم الفلك وتصـرف الغازات فاستحق لقب المحاضر المتميز في مدرستـه (كنـدال – Kendal). لقد كتب (ارنولد تاكـراي – Arnold Tachray) في مدخله من المؤلف الذائع الصيت (معجم سير العلماء الذاتية) يصف حالة الاندماج والهيجان التي تقمصت (دالتن) خلال فترة ولعه بالتدريس إلى الحد الذي نُقل عنه قوله: (لعل في مهنة التدريـس وممارستها سحرا لا يقاوم، وإلا فمالي أرى كل هذا التكالب على ممارستها من قبل كل مـن لـه موهبة وقابلية في أي حقل آخر غيرها). بـدأ حياته حالما بمستقبل مشرق في مهنة الطـب، ذلك الحلم الذي سرعان ما بدده ضيق ذات يده وسوء حالة عائلته المادية، أضف إلى ذلك ما اشتهر عنه من قلة صبره وتصرفه (ببعض الغرابة) لدى استماعه لشكوى بعض المرضى الأمر الذي حال دونه ودون تحقيق ذلك الحلم.

داوم (دالتن) خلال فترة انهماكه بالتدريس في مدرسة (كندال) على جمع كل ما كانت تقع عليه عيناه من نباتات وحشرات صغُر حجمها أم كبُر وكان شديد العناية بتوضيبها وتصنيفها

والاحتفـاظ بهـا وكان غالبا ما يردد: (لقد أخطأ كل من اعتقد بتفاهة هذه الأشياء أو بَخسها أهميتهـا فكل ذي حياة حري بأن يصنف ويدرس ولا ينبغي للعالم الحصيف أن يحتقر نعمة الحياة أينما وجدت).

عُيّن في عام (1792) أستاذا للرياضيات والفلسفة الطبيعية في الكلية الجديدة في (مانشستر – Manchester) والتي كانت قد أنشئت من قبل رعايا الكنيسة البروتستانية لغرض استيعاب وتطوير قـدرات المتميزين مـن الطلاب الذين فشلـوا في الحصول على القبـول في جامعتي (كمـبردج) و(اكسفورد) واللتين كانتا لا تحتضنان إلا رعايا الكنيسة الإنكليزية. وانتخب في عـام (1794) أمينـا لمكتبة (مانشستر) ورئيسا للجمعية الفلسفيـة وهو المنصب الذي شجعه على إطلاق طاقاته فقدم أول أبحاثه المرموقة ولما يمضي على تعيينه شهرا واحدا، وكان بعنوان (حقائق غريبة ومشاهدات واقعية لظاهرة الرؤيا الملونة) وقد مثل هذا البحث باكورة الأعمال التي فتحت باب البحث والتقصي عن موضوع (عمى الألوان) وأول ورقة تنشر حوله.

وقـد قدم دالـتن في ورقته تلك دراسة منهجية علمية معمقة لتلـك الظاهرة وكان خير من وصفهـا وبيّن خفاياها كونه أحد المصابـين بها فعلاً. إن الحقيقة التي توصل إليها عند إدراكه لاختـلال ألوان الأزهار بالنسبة له عما يشاهده بقية زملائه ومحبيه والمثل الذي دأب هو على ضربـه عن نفسه كان: رؤيته للأزهار بلـون أزرق حينما تظهر للآخرين حمراء زهرية. ولقد أثرت بحوث (دالتن) ومنشوراته حول ذلك الموضوع على زملائه من العلماء والباحثين إلى درجة اقتناعهم بإطلاق (اسم) أو (حالة دالتن) على ذلك المرض.

لقـد ارتبط اسمه بتلـك الحالة إلى الدرجة التي بـدأت الإشاعات وحتـى الأساطير تُروى عنه... ومن بينهـا حادثـة شرائـه الجوارب الزرقاء الداكنة وتقديمها هدية إلى والدته في مناسبة عيـد ميلادها، الأمر الذي أثـار حفيظتها وأشعل نار غضبها عليه، ففـي تلك الأيام كان من المستهجـن بل ومـن العار على نسوه (مجموعـة الأصدقـاء – Quakers) ارتداء الجوارب الزهريـة اللون الفاقعة؟! لم تكـن في نية (دالتن) إغضاب والدته قـط فسارع يستشهد بأخيه ويحلّفـه بأغلـظ الأيمان عن لون – جوارب والدتهما الجديدة، فما كان من الأخ إلا أن أقسم

مطمئنـا – وبأغلظ الأيمان – بأن الجوارب زرقاء غامقة وبأن أخيه في حل من غضبها. وعند الوصول إلى تسوية تلك المعضلة العائلية تبين لدالتن – ولأول مرة – إصابة أخيه كذلك بمرض عمى الألوان (الأحمر – الأخضر) مثله تماما، وأن ما رآه هو وأخيه باللون الأزرق الغامق كان بالفعل جوارب حمراء فاقعة!!

لقـد زادت دقة وصف (دالتن) لتلك الظاهرة واهتمامـه بتفاصيلها من شهرته ومنزلته في مجتمعـه، رغـم فشله في محاولـة تفسيرها أو تفسـير كيفية الإصابة بها، فلقـد جاء في مؤلف (دالتن) الموسوم (حقائق غريبة) ما يلي:–

((لقد تبين لي، ومن دون أي مجال للشـك بأن أحد الأمزجة التي كونت عيني لابد وأن يكون ملونا وغير شفافا)).

وبناء على نظريته تلك أوصى بأن تقطّع عيونه وتدرس مليا بعد موته للتأكد من أن سبب طغيان اللـون الأزرق على كل ما شاهده خلال حياتـه كان نتيجة لوجود السوائل الزرقاء اللون فيها، والتي عملت على امتصاص اللون الأحمر الذي كان قد حُرم نعمة رؤياه. لقد تم بالفعل تشريح عيني دالتن ودراستهما ولكن ذلك العمل فند نظريته ولم يؤسس لها، ومن الجميل الاطلاع على ما كتبه هو عن نفسه وإحساساته حول إصابته تلك في كتابه (حقائق غريبة) حيث قال:

((أعتقـد أن ما يراه الآخرون ويصـفونه باللون الأحمر لا يظهر لعيني إلا على شـكل ظلال أو تشوه ضوئي لا أكثر، ولا تظهر الألوان التي يصفها الناس بالبرتقالي والأصفر والأخضر لي إلا كلون واحد يتدرج بجمال ودقة متناهية من الأصفر الغامق إلى الأصفر الفاتح المشرق الأمر الذي مكنني وبقوة ملاحظتي من التعرف عليها بوصـف اختلاف الظلال الصفراء التي أراها)).

افتتح (دالتن) في عام (1800) مدرسة خاصة ترأس إدارتها وأسماها (الأكاديمية الرياضية) والتـي خصصها لتدريس علوم الرياضيات والكيمياء، وقد نجحت تلك المدرسة نجاحا باهرا انعكـس إيجابيا على بحبوحته الماديـة من جهة وعلى إنجازاته الملفتة للنظر في تلك الفترة من جهة أخرى، وبالإمكان إدراج الأهم من تلك الإنجازات وتصنيفها ضمن المحاور التالية:

1 – تمكن من اكتشاف (قانون شارل) والذي يصف أسلوب تمدد الغازات تحت ضغط ثابت بارتفاع درجة حرارتها. وقد سبقت الإشارة إلى أن (قانون شارل للغازات) قد سمي على اسم مكتشفه [(جاك شارل – (Jacques Charles (1746–1823)] والذي كان قد تمكن من اكتشافه بصورة مستقلة خلال الفترة التي سبقت اكتشاف (دالتن) له[1].

2 – اكتشف ووضع الصيغة الرياضية لقانون جمع الضغوط الجزئية للغازات الممتزجة في إناء واحد. نُشر هذا القانون ولأول مرة في دورية (المشاهدات والمتغيرات في الأرصاد الجوية) تحت اسم (قانون دالتن) والذي نص على تصرف كل غاز في مزيج كعنصر مستقل وكأنه يحتل كامل الحيز المتوفر للجميع، ويُضاف ضغطه الجزئي في ذلك المزيج إلى كامل مجموع الضغوط الجزئية لبقية المكونات للحصول على مقدار الضغط الكلي للمزيج.

3 – ابتكر ودافع عن النظرية الذرية الكيميائية التي تختصر حقيقة تكون كافة مواد الكون من وحدات دقيقة أسماها بالذرات. وقد قام كذلك... ومن وحي هذه النظرية ومن خطواته الجادة لإسنادها بحساب الكتل النسبية لذرات العناصر المختلفة كالهيدروجين والأكسجين والكاربون والنتروجين. وقد أكد (دالتن) على لسان نظريته تلك على تشابه ذرات أي عنصر من نواحي الشكل والوزن والكتلة واختلافها عن ذرات أي عنصر آخر بالشكل وبالوزن وبالكتلة أيضاً.

تمكن (دالتن) كذلك من وضع وصياغة قانونه للتناسب المتعدد والذي ينص على التزام العناصر في تفاعلاتها واتحادها مع بعضها البعض لتكوين المركبات بنسب ثابتة بعضها إلى بعض ؛ يمكن التعبير عنها بأرقام صغيرة كاملة، كأن تكون

(1:1) أو (2:1) أو (3:2)... وهكذا. وتلقي هذه النسب الضوء على حقيقة تكوّن كافة المركبات من وحدات أصغر منها هي الذرات ولكن ما كانت تفتقر إليه هذه النسب هو

(1) راجع مدخل قانون شارل للغازات (Charles's Gas Law) ابتداء من صفحة (352) من هذا الكتاب.

قابليتها على الإفصاح عن العدد الفعلي من ذرات كل عنصر والداخلة في تركيب أي مركب.
إن تلك المآخذ على نظريته الذرية والتي فتحت المضمار واسعا لإنجازات عظيمة شهدتها العقود التي تلتها لم تضعف إصرار العلماء والأصدقاء من إطلاق لقب (أبو الكيمياء) عليه.

لم يعبر (دالتون) طريقه بلا أشواك ومتاعب وإنما جابهت نظريته الذرية الكثير من المعوقات والمنغصات العلمية والشخصية إلى الدرجة التي دفعت الكيميائي الإنكليزي الشهير [السر هنري انفيلد روسكو (1833-1915) Henry Enfield Roscoe] إلى السخرية اللاذعة منه والتهكم عليه وعلى نظريته بوصفها (بنظرية الذرات الكروية المصنوعة من الخشب والتي اخترعتها مخيلة الأستاذ دالتن)

ولعل (روسكو) كان يشير بسخريته إلى النماذج الخشبية التي غالبا ما استعملها العلماء لتمثيل الذرات المختلفة والمقارنة بين أحجامها المتباينة. ولكن رغم كل الانتقادات فقط شقت النظرية الذرية طريقها بثبات حتى لم يُقبل عام (1850) إلا وقد تقبلتها واقتنعت بصحتها جمهرة علماء الكيمياء وآلت مقاومة رفضها إلى الاضمحلال السريع.

اتسعت اهتمامات (دالتن) بمرور الأيام وازدادت المقالات والبحوث التي صار ينشرها في مختلف المواضيع، فلقد نمت ونضجت عبقريته حتى مكنته من الخوض في مواضيع عدة متشعبة متباينة، كما منحته إمكانية وضع النظريات بخصوصها ومنها: الرياح التجارية ودرجات حرارة التكاثف، والحرارة، والشفق القطبي، وقابلية ذوبان الغازات في الماء، وتغيرات الضغط الجوي، إضافة إلى ظاهرة التبخر وغيرها. واستطاع كذلك، ورغم الآراء القوية المعارضة من تزكية الفكرة القائلة بأن الغلاف الجوي عبارة عن **(خليط فيزيائي)** يتألف من حوالي (80% نتروجين و20% اوكسجين) خلافا للاعتقاد الذي سبقها بأنه عبارة عن **(مركب من عناصر عدة)**. وقد قام بنشر آرائه وأفكاره المعارضة لكون الهواء مذيبا غازيا هائلا في دورية (المشاهدات والمتغيرات في الأرصاد الجوية)، ولكن قدره الذي شابه قدر كل العباقرة السابقين لأزمانهم أبى إلا أن تُهمل بحوثه المنشورة وتحرم في آنها من الاهتمام والتقدير الذي تستحقه فلم تجد صداها لا لدى العلماء ولا عند العامة من الناس، شأنها شأن قانونه المهم في

جمع الضغوط الجزئية لإخلاط الغازات.

جــاء في نص الورقة التي نشرها (**دالتن**) في مجلة (**الفلســفة الطبيعيــة والكيمياء والفنون**) والتي تضمنت جانبا من قانونه الشهير في الضغوط الجزئية ما يلي:

> **((لا تتولــد أيــة قوى نافرة ما بين جزيئات مائعين مرنين صــادف خلطهما في إناء واحد أبداً. فإذا أســمينا المائع الأول (بألف) والثاني (باء) فلن تقاوم جزيئات (الف) جزيئات (بــاء) كما تفعــل كل واحدة لنظيراتها، وعليه فإن الضــغط المتولد مــن أية جزيئة على الأخرى (أو الوزن الذي تسلطه أي واحدة على الأخرى) سوف لن يتحقق إلا من قبل الجزيئات المتماثلة فقط على مثيلاتها)).**

وإحقاقــا للحــق لابد علينــا أن نذكر أن (**نظريــة دالتن الذرية**) لم تكــن دقيقة ولا صحيحة (100 %) وذلــك لأنه صــرح وبوضوح أن الذرات المتماثلة تؤثــر الواحدة على الأخرى في حــين لا يعنيها شيء ولا تؤثر مطلقا علــى أي ذرة لأي غاز آخر في نفس المزيج، ولكن رغم التعديلات والتغيرات الكثيرة التي شهدتها تلك النظرية عبر السنين وإلى يومنا الحاضر فإننــا نجد أن المفهوم الأساسي للنظرية كان هو الذي أرشده إلى الطريق السوي في تصحيح تفكــير معاصريه ومن ثم بنــاء أساس جديد قويم لعلــوم الكيمياء، ذلــك أن ذرات العناصر المختلفــة لابد وأن تكون مختلفة على حين كانت النظــرة (العلمية) السائدة آنذاك تصرعلى إنها متماثلة.

وضّــح (دالتن) في أطروحاته بأن ذرات العناصر المختلفة لابد وأن تكون مختلفة في الحجم والكتلة وأن لكل عنصر ذراته الخاصة به والتي لا تُشابه ذرات أي عنصر آخر غيره؛ ولابد أن يكــون كل طالــب أو مختص قد لاحظ بأن كل ما سبق هو عبــارة عن مبادئ لا بديل لنا عنها اليــوم وهي التي كونت أُسس نظريته الذرية، وكنتيجة لما سبق لابــد وأن يكون عدد ذرات الجزيئــات المتماثلة متساويا بالعدد ومتشابهــا بالتركيب وهذه الفرضية بحد ذاتها تعتبر ذات أهمية جوهرية في علم الكيمياء اليوم وقد أسست له بالفعل.

لقــد كان صاحبنا سباقا إلى مفهوم استحالة استحداث المادة أو إفنائها وذلك بإضفاء صفة

خاصــة على ذراته الكيمائية حين نشر آراءه في كتاب (**النظام الجديد في فلســفة الكيمياء**) والتي ذكر فيها: **أســتطيع وبلا تردد تشبيه مناقشاتنا في استحداث كوكب كامل جديد وإضافته إلى مجموعتنا الشمسية أو محو آخر منها، تماما كمحاولاتنا لاستحداث ذرة هيدروجين جديدة وإضافتها إلى الكون أو إزالتها منه)**، واسترســل قائلاً: [**أســتطيع أن أؤكد وبثقة عالية بأن هناك أعدادا عظيمة جدا (أكاد أقول لا حصــر لها) من الجزيئات الأولية (أو الذرات) والتي يســتحيل تغيرها أو تغيير أشــكالها أو حالاتها في الصميم أو تحويلها من شكل إلى آخر ومهما أوتينا من قوة وعزم)**].

واقــترح كذلك، بأنه رغم إدراكنــا لوجود لتلك الأعداد الهائلة مــن الذرات وعلى سبيل الإطلاق إلا أن أنواعها وأصنافها قليلة جدا. وقد ذكر في كتاباته الأصلية وجود ما يربو قليلاً على نحو عشرين عنصرا في الطبيعة والتي صنفها إلى فصائل، أما اليوم فقد توصلنا إلى إدراك وجود وصنع ما ينيف عن المئة عنصر بعضها طبيعي الوجود، والبعض الآخر توصل الإنسان إلى استحداثها في المختبرات.

انتُخب (دالــتن) في عام (1816) لمنصب العضو المراسل للأكاديمية الفرنسية للعلوم، وفي عام (1822) زار باريس حيث قابل العديد من أشهر علمائها في تلك الحقبة من أمثال [بيير - سيمــن لابلاس (Pierre - Siman Laplaace (1749-1827] و [جوزيف لوي كاي - لوســاك (Joseph Louis Gay - Lussac (1778-1850] و [اندريــه ماري امبير (Andre - Marie Ampere (1775-1836].

وفي عــام (1817) تقلــد منصب (أمين مكتبــة مانشستر) و(رئاسة المجمــع الفلسفي)، المنصبــين اللذين ظــل محتفظا بهما للسبعــة والعشرين عاما التالية وحتــى موافاته لمنيته. كما انتخــب عضــوا في الجمعية الملكية عــام (1922) ومنحت له الميداليــة الملكية في (1826) تقديــرا وتثمينا لاستنباطه الفذ المتعلق بالنظرية الذريــة. وفي عام (1831) ترأس العديد من اللجــان العلمية التابعــة للجمعية البريطانية لتقــدم العلوم. وفي عــام (1836) أصبح نائب الرئيس المنتخب لها. ولكن القدر لم يمهله لإثبات وجوده والإضافة من ذاته لذلك التشريف العلمــي الرفيــع الذي خُصّ بــه فسرعان ما اضطــر إلى التقاعد وترك ذلــك المنصب بسبب

إصابتــه بضربتين متتاليتــين من حالات الشلل المفاجئ في عــام (1837) ولعل سببهما كان (علــى الغالب) إصابته بجلطة الدماغ نتيجة لارتفــاع ضغط دمه، واللتين أسلمتاه إلى بؤس العجــز البــدني والحركي الكاملين. ولكن العنايــة الإلهية ثم ما تبقى له مــن احترام الإنسان لأخيــه الإنسان أرجعتاه إلى أحضان الرضا والحبور بالنظر لزيــادة تقديره شخصيا وانتشار احترام علمه عالميا. ذكر (ثاكاراي – Thackaray) في مدخله عنه في (معجم سير العلماء الذاتية) تنامي الاحترام لشخصه في أواخر أيامه قائلاً:

((ولم يدرك المجتمع العلمي أهمية الرجل ونضــج أفكاره فطفق يخصف عليه من آيات الاحترام والتقدير الكثير، إلا لما آلت شــمس حياته للمغيب وأوشــكت ذُبابة مصبــاح فكرة على الخبو. ففي أواخر أيامه وجد نفسه وقد انهالت عليه ألقاب الاحترام وآيات التبجيل وتم (تلميع) ماضــيه و(أحداث) حياته و(تجميل) صورته ومظهره الاجتماعي حتــى آل إلى أحســن ما يطمح إليه إنســان في حياته، ولكن ســاعة حيــاة الرجل كانت تدق دقاتها الأخيرة فودعها (دالتن) وهو يتذكر كل شــذرة، ويستعيد كل آية من آيات الاحترام والفخار والتشريف المدني الذي حظي به في أواخر أيامه)).

وفي عام (1794) أفصح (دالتن) عن مكنونات نفسه التي حالت بينه وبين زواجه وامتناعه عــن الرغبة بإنجاب أولاد له يحملــون اسمه، قائلاً: (لقد انشغل ذهني وامتلأ رأسي بالمثلثات والنظريــات والتفاعلات الكيمياوية والشحنات الكهربائيــة والتجارب العلمية وغيرها فلم يتبق فيه مجالا لا للحب ولا للزواج). لقد اكتفى في حياته بعلمه، وبمثابرته على تحقيق واكتمال متطلبات مذهبه الديني البروتستانتي الأخوي.

وفي عــام (1844) تعرض لجلطة دماغيــة ثالثة، أصاب يده على إثرها الرعاش الأمر الذي زاد مــن صحته سوءاً فمسك قلمه بيده المرتعشة ليسجــل آخر ملاحظاته حول أمور الطقس في اليوم السادس والعشرين من شهر تموز (يوليو) من ذاك العام، وفي اليوم التالي عاجلته منيته فوُجد مطروحا أسفل سريره بعد أن فارقته حياته إثر سقوطه منه.

مــلأ الحزن القلوب وطافت بالأعين الدموع وانتحب لوفــاة (دالتن) الألوف وشيعه (40

000) من الذين اصطفوا خلف جنازته في قاعة البلده في (مانشستر). أُقفلت المحال وعُطلت الأعمال في ذلك اليوم احتراما وتقديرا له وغطت جماهير المحتشدين مساحة ميلين مربعين من الأرض المحيطة بمقبرته عند دفنه.

ذكر (بل برايسون – Bill Bryson) في كتابه (موجز لتاريخ كل شيء) بأن عدد الصفحات التي كتبت في حق دالتن في طبعة عام (1885) من كتاب (**معجم السير الذاتية الوطنية**) قد فاق جميع ما كُتب بحق كل من تطرق إليهم ذلك المعجم ما عدا (دارون – Darwin) و (ليل – Lyell) من علماء ومشاهير القرن التاسع عشر.

تم احترام وصية (دالتن) وقطّعت إحدى عينيه بعد وفاته وتم فحص سوائلها فاتضح بأنها كانت تامة التكوين وطبيعية التشريح من كافة النواحي. كما قُطّعت ودُرست عينه الأخرى المحفوظة في المعهد الملكي في تسعينيات القرن الماضي وتم تحليلها خُلويا وصِبغيا الأمر الذي كشف عن فقدانها للصبغة المسؤولة عن إدراك اللون الأخضر. نعلم اليوم أن فقدان تلك الصبغة التي تمكن العين من رؤية (ومن ثم الدماغ لإحساس) وجود اللون الأخضر هي صفة وراثية متنحية تصيب خمسة بالمئة من الذكور الأصحاء اليوم بدرجة أو بأخرى. أُطلق على هذا النوع من عمى الألوان اسم (ديوتيرانوبيا – Deuteranope) نسبة إليه.

وكاستطراد نافع في هذا الخصوص لنا أن نذكر تمكن الباحثين في جامعتي كامبردج (Cambridge) و (نيوكاسل ابنتاين – Newcastle Upontyne) في عام 2006 من اكتشاف تعاظم قابلية أولئك الذين حُرموا من متعة رؤية اللونين الأحمر والأخضر (أي عمى اللونين الأحمر – الأخضر) على إدراك الظلال الدقيقة والاختلافات الضئيلة في بقية الألوان. فعلى سبيل المثال تمكن الباحثون من إثبات قابلية المصابين بعمى الألوان على تمييز درجات أكثر عدداً من ذات اللون الخاكي (Khaki) وهو اللون الأصفر المخضر مثلاً، في حين لا يمتلك الأشخاص الأسوياء مثل تلك القابلية. علقت (ألس كليمن – Elise Kleeman) على تلك الملاحظات بقولها:

(لقد دفعت تلك المشاهدات بصدق النظرية القائلة ببراعة أولئك المصابين بعمى اللونين الأحمر - الأخضر في الصيد وفي معارك القتال الليلي إلى الأمام... وذلك لصعوبة خداعهم بأساليب التمويه).

ويضيف الباحثون أيضا إلى أن حقيقة احتفاظ الجنس البشري رغم التطورات الوراثية والتصحيحات الجينية بتلك الظاهرة قد تعود إلى زيادة براعة مجتمعات الرعي والقنص في الصيد ليلا وفي تلافي الحيوانات المفترسة.

تم الاعتراف بأفضال (دالتن) العلمية وسبغ المزيد من الشرف عليه وذلك بإطلاق اسمه على إحدى فوهات القمر بعرض (60 كيلومترا) الاسم الذي تمت المصادقة عليه رسميا في عام (1964) من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين. ولقد ثُمّنت مشاركات دالتن وما أضافه إلى حصيلة المعرفة الإنسانية على أتم ما يمكن من قبل (ميشيل اتش هارت - Michael H. Hart) مؤلف كتاب (المئة العظام: تصنيف أكثر الأشخاص تأثيرا في تاريخ البشرية) والذي قلده فيه المنصب الثاني والثلاثين وأشاد في حقه قائلاً:

((لقد أحسن (دالتن) ابتكار وتوظيف نظريته الذرية للعناصر إلى الدرجة التي أقنعت معظم العلماء إلى تبنيها وفي خلال ما لا يزيد على العشرين عاما، كما استطاع إقناع كافة الكيميائيين على اتباع منهجه وما اختطه بشأن التفاعلات الكيميائية قاطبة وأعني بذلك حاجتهم إلى تحديد الوزن الذري النسبي بدقة، وتحليل المركبات الكيمياوية تبعا لأوزانها، وتعيين المكونات الذرية المحددة بدقة لأي فصيلة من المركبات والجزيئات. وقد يفوق تقييم الأطروحة الذرية للعناصر أي تبجيل، كما وقد تفوق حقيقتها أي إطراء فليس علينا النظر إليها، واعتبارها أقل من كونها المحور الأساسي اللازم لنا لفهم عوالم الكيمياء وكونها المحرك المركزي الذي تدار به كافة تفاعلاتها ونتائجها اليوم... وإلى ما شاء الله)).

لم تكد تمضي سوى بضعة عقود على وفاة (دالتن) حتى عبقت رياح تبجيله في الآفاق وسرت أخبار تكريمه إلى الأصقاع. كتب (هنري لونسديل - Henry Lonsdale) في

مؤلفه (كنوز كمبرلاند) في عام 1874 مؤبنا دالتن يقول:

((كما يسعى آلاف الحجاج من الإنكليز الكاثوليك متجشمين التعب والمعاناة تجذبهم أرواح القديسين وأضرحتهم إلى زيارتها في هذه القارة، فكذلك نجد في العالم وفي (إنكلترا) ذاتها من العلماء والباحثين ممن تشربوا بروح العلم وحبهم له، بحيث لم تعد ذكرياتهم حول مؤسسيه ولا قراءاتهم عن موجديه كافية لإرواء ظمئهم وشفاء غليلهم ولا لإطفاء شوقهم وتحرقهم، وإنما تراهم يجاهدون ويسعون بكل ما أوتوا من إصرار وقوة لزيارة ورؤية مسقط رأس سيد العلماء ورمزهم الأعظم في إنكلترا، (جون دالتن) والذي كان قد وهب باختراعاته وأفكاره للحضارة والتقدم الإنسانيين خيراً مما قدمه كافة القساوسة والقديسين لكافة الممالك المسيحية في طول الأرض وعرضها عبر التاريخ)).

وفي عام (1895) نشر (هنري إي. روسكو – Henry E. Roscoe) كتابه الموسوم **(جون دالتن وبزوغ فجر الكيمياء الحديثة)** والذي خلد فيه **(دالتن)** وزملاءه العلماء العظام من مانشستر من أمثال (جيمس جول – James Joule) والذي سيأتي ذكره في مدخل منفصل بقوله:

((في الرواق الكبير عند مدخل القاعة الرئيسية لمدينة (منشستر) تقف في استقبالك تحفتين خالدتين على شكل تمثالين رخاميين متقابلين، أحدهما (لجون دالتن) والآخر (لجيمس برسكوت جول) وبهذا التكريم والتبجيل تكون مدينة (منشستر) قد أوفت بدين تكريمها لوليديها البارين؛ لـ (دالتن): موجد الكيمياء الحديثة وواضع النظرية الذرية وقوانين مواصفات الاتحاد الكيميائي، ولـ (جول): موجد الفيزياء الحديثة ومكتشف قانون حفظ الطاقة. لقد منح الأول العالم البرهان النهائي على أن لا فقدان أبداً في المادة أو المواد التي تدخل في أي تفاعل كيميائي، ومنح الثاني الخلود للطاقة حينما تمكن من إثبات استحالة فقدان أي كمية منها في أي تحول فيزيائي)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

"Biography of John Dalton." Salt Lake Community College: from ww2.slcc.edu/schools/hum_sci/physics/whatis/biography/dalton.html.

Bryson, Bill. *A Short History of Nearly Everything* (New York: Random House, 2003).

Dalton, John. "Extraordinary Facts Relating to the Vision of Colours, with Observations," in *Memoirs Of The Literary And Philosophical Society Of Manchester*, Volume 5 (London: Cadell and Davies, 1798).

Dalton, John. "New Theory of the Constitution of Mixed Aeriform Fluids, and Particularly of the Atmosphere." *Journal of Natural Philosophy, Chemistry and the Arts*, 5: 241–244, 1801.

Dalton, John, *A New System of Chemical Philosophy* (Manchester, U.K., 1808).

Cardwell, D., *John Dalton and the Progress of Science* (New York: Manchester University Press/Barnes & Noble Inc., 1968).

Greenway, Frank, *John Dalton and the Atom* (Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1966).

Hart, Michael H., *The 100: A Ranking of the Most Influential Persons in History* (New York: Citadel Press, 1992).

Kleeman, Elise, "In Combat, Stick with the Color-Blind," *Discover*, 27(3): 11, March 2006.

Lonsdale, Henry, *The Worthies of Cumberland* (London: George Routledge & Sons, 1874).

Roscoe, Henry, *John Dalton and the Rise of Modern Chemistry* (London: Cassell & Company, 1895).

Thackray, Arnold, "Dalton," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• لِمَ يا ترى على القوانين التي تحكم الكون أن تظهر لنا دائما ثابتة، مقننة حازمة؟ وهل بإمكاننا تخيل أي عـالم آخر تكون هي فيه أقل مصـداقية؟ سـيكون جوابنا إيجابيا بالتأكيـد إذا تكلمنا عن المعجزات التي يعلم الله (سبحانه وتعالى) كنه مكوناتها والتي يمكنه بالتأكيد إيجادها وخلقها. أما بالنسبة لعلوم الفيزياء فلا يتخطى طموحها التركيز على اكتشاف تلك القوانين (ولا ينبغي لها!) من ناحية، والتمني والابتهال أن تبقى الطبيعة والكون على ثباتهما كي يسـتطعن التنبؤ بمجرياتهما بدقة من ناحية أخرى. تسـاءل (اينشتين) يوما فيما لو أنه سـيكون باسـتطاعتنا فهم، (وعقولنا إدراك) قوانين فيزيائية أخرى إذا ما شاءت الإرادة الإلهية خلق كون آخر بقوانين مغايرة عن كوننا هذا الذي نعيش فيه؟!

بنفورد

Gregory Benford، in John Brockman's' (What we Believe but Cannot Prove)

مقتطف من فصل له في كتاب (ما نؤمن به ولا نستطيع إثباته).

• لا تعتبر نظريات الفيزياء ولحد الآن إلا تمثيلاً مقربا، ولا تُقيّم إلا كنماذج تضاهي (ولا تطابق) حقائق الكون. ولكن بتقدم تلك النماذج وبزيادة دقتها سوف تتقدم أكثر فأكثر للتعبير بشكل أدق عن الحقيقة. يؤمن بعض علماء الفيزياء اليوم بوجود نظرية جديدة تُسمى بنظرية (الجاذبية الفائقة – Supergravity) وهو النموذج الدقيق (النهائي) الذي ستنطبق فيه كافة الاستنتاجات والتنبؤات الرياضية (تماما) مع الحقيقة.

ديفيز

Paul Davies، Superforce.

مقتطف من كتابه (القوة الفائقة).

• علينا التاكيد وإعادة التأكيد والإدراك بأن المبادئ الفيزيائية التي بين أيدينا ما هي إلا بنات أفكارنا، ابتكرناها لتفسير معطيات وحقائق الكون من حولنا ولم توجد هي نفسها ولا أوجدها (الكون ذاته) لتفسير تصرفاته. وفي محاولاتنا لفهم أسرارها وفي بحثنا عن حقيقتها نشابه وإلى حد كبير رجلا يحاول فهم ميكانيكية عمل ساعة بمجرد النظر إليها من خارجها عبر زجاجة المعرض الذي يحويها. فهذا الرجل يمكنه بسهولة مشاهدة وجه الساعة ومراقبة عقاربها تدور ولكن لا سبيل له لإدراك ماهيتها لأن لا طريقة أمامه لفتحها، ولو أضفينا إلى (رجلنا هذا) شيئا من العبقرية والحنكة لافترضناه قادرا على (تصور) طريقة عمل الساعة و(لأمكنه) وضع مخططه لذلك بناء على ملاحظته ومراقبته لها ولكنه لن يتمكن أبدا من الجزم بأن ما تخيله هو النموذج الواقعي الوحيد الممكن أن تكون تلك الساعة قد صنعت على غراره، هذا من ناحية، ومن ناحية ثانية سيستحيل عليه مقارنة نموذجه الذي ابتكره مع واقع حال الساعة (لاستحالة فتحها بالنسبة له) بل سيستحيل عليه حتى تخيل كيفية تحقيق أو معنى تلك المقارنة أصلا.

اينشتين

Albert Einstein، The Evolution of Physics

مقتطف من كتابه (تطور الفيزياء).

• لقد غيرت الطفرات السريعة والتطور المذهل في علوم الحاسبات مفهومنا عن العالم الفيزيائي من حولنا... من ذلك المعتمد على التعامل والتفاعل المباشر بين العناصر المادية، إلى آخر يجد من قواعد المعلومات (المجردة)

والمتنامية بوتائر تفوق الخيال أساسا لتفاعله. وفي هذا التصور للكون والطبيعة سنجد قوانين الفيزياء تقوم مقام برامج التشغيل أو لوغارتمات الاحتمالية والإخراج وسنجد العالم المادي من حولنا يقوم مقام الهيكل الصلب لذلك الحاسوب العملاق. (ولكنك إذا صغّرت نفسك وحددت تفكيرك وحصرتهما ضمن نطاق البرامج والهيكل، فهل ستتمكن من إدراك السبب الحقيقي وراء وجوده، أو ماهية مآل كل تلك الحسابات والعمليات الإلكترونية التي تتم بداخله أو حتى الغرض النهائي منها)؟؟ (المترجم).

دافيز

Paul Davies، (Laying Down the Laws)، New Scientist.

من مقالة له بعنوان (وضع القوانين).

قانون هنري للغازات

HENRY'S GAS LAW

إنكلترا 1802:

عند انعدام أي تفاعل كيميائي بينهما، تتناسب كمية الغاز المذاب في سائل مع مقدار الضغط المسلط على سطحه.

من أحداث عام 1802:

- اكتشف الفلكي [وليم هرشل(1738-1822) William Herschel] النجوم الثنائية لأول مرة (وهما نجمان متجاوران يدوران حول مركز كتلتيهما المشترك) ونعلم اليوم بأن هناك في المجرة والكون من حولنا أعدادا هائلة من أنظمة النجوم الثنائية وحتى الثلاثية.
- صاغ عالم الطبيعة الألماني (كوتفرد ترفرانس - Gottfried Trevirannus) ولأول مرة مصطلح (علم الأحياء - Biology).
- انشأت الأكاديمية العسكرية الأمريكية المعروفة باسم (وست بونت - West Point).
- توصل العالم التجريبي البريطاني (توماس وجوود - (1771-1805) Thomas Wedgwood) إلى ابتكار الصورة الفوتوغرافية وإنتاجها ولأول مرة.
- أكمل (لودوك فان بيتهوفن) تأليفه لـ... وتم عزف (سوناتا ضوء القمر - Moonlight Sonata) لأول مرة.

نص القانون وشرحه:

ينص قانون هنري - وهو أحد قوانين الغازات الكثيرة في هذا الكتاب على **تناسب كمية الغاز المذاب في سائل** (تعني كمية الغاز في هذا السياق مقدار كتلته عادة) **طرديا مع مقدار ضغط ذلك الغاز على سطحه.** يفترض القانون كذلك بأن نظام (السائل - غاز) المدروس في حالة توازن وصل إليها. كما تستوجب عدم حدوث أي تفاعل كيميائي بينهما.

الصيغة العامة المقبولة لقانون هنري اليوم هي:

$$\boxed{P = kC.}$$

حيث P – مقدار ضغط الغاز المعين الجزئي فوق سطح المحلول.

و C – مقدار تركيز الغاز المذاب في السائل.

و k – ثابت قانون هنري.

ويعتمد **(ثابت قانون هنري)** على طبيعة الغاز ونوعيته والسائل المذيب ودرجة حرارته. فعلى سبيل المثال يبلغ هذا الثابت لغازي الأوكسجين(O_2) وثاني أوكسيد الكربون (CO_2) المذابين في الماء في درجة حرارة (299 مطلقة).

للأوكسجين (k) = 4.34 × 10 مرفوعة للأس الرابع لتر. جو/ مول.

ولثاني أوكسيد الكربون (k) = 1.64 × 10 تكعيب لتر. جو / مول على التوالي.

وبالإمكان مشاهدة وحدات (ملي لتر غاز) / ملي لتر مذيب. جو) تذيّل ثابت هذا القانون، كما. ويكون القانون في أقصى درجات دقته لدى تطبيقه على المحاليل المخففة وبضغوط غازية منخفضة.

وبإمكاننا إدراك أهمية وأسلوب تصرف **(غاز هنري)**[1] من خلال المثال التالي: تصور مضاعفة الضغط الجزئي لغاز فوق سطح سائل، عندها ستزداد عملية التصادم فوق سطح السائل بين ذرات ذلك الغاز إلى الضعف وعليه ستتمكن ضعف عدد ذرات الغاز من الدخول إلى داخل السائل (أي ستذاب فيه). لنا الاشارة هنا أن لمختلف الغازات قابليات إذابة مختلفة في نفس المذيب كما أن لنفس الغاز قابلية ذوبان مختلفة في مختلف المذيبات. ويتأثر (ثابت قانون هنري) في كافة تلك الأحوال، فلكل حالة غاز ومذيب (ودرجة حرارة مختلفة) ثابت مختلف. وبإمكانك الرجوع إلى العديد من (ثوابت هنري) المنشورة في جداول الإذابة في درجة حرارة الغرفة (أي درجة حرارة المختبرات والمعامل الاعتيادية) وهي 25 درجة مئوية. ولنا أن لا ننسى بأن علاقة قابلية الذوبان مع درجة حرارة السائل والغاز هي عكسية دائما.

(1) هو الأسم الذي يُطلق اصطلاحاً على أي غاز يميل للانصياع إلى هذا القانون. (المترجم)

والآن ولتوضيح الفكرة دعني أسوق لك مسألة رياضية بسيطة تتضمن التطبيق الفعلي **(لقانون هنري)**، ودعني أسألك عن كمية غاز الأوكسجين المذاب في مياه بحيرة عذبة في درجة حرارة (20 مئوية) وتحت ضغط (واحد جو)، علما بأن (ثابت قانون هنري) للأوكسجين النقي في درجة حرارة (20 مئوية) يبلغ (0.031 ملي لتر أوكسجين /ملي لتر ماء في ضغط واحد جو). والآن وبما أن مقدار غاز الأوكسجين التقريبي الموجود في الجو هو حوالي (20%) فقط من الغلاف الغازي فعليه (وبالاعتماد على قانون الضغوط الجزئية) فإن ضغطه سيكون (0.20جو) فقط. وباستعمال قانون هنري نجد أن مقدار قابلية ذوبان الأكسجين بوجود الهواء سيكون:

$$\frac{0.2\ \text{جو}\ \times 0.031\ \text{ملي لتر أوكسجين}}{1.0\ \text{ملي لتر ماء}\times 1\text{جو}} = 0.0062\ \text{ملي لتر أوكسجين /ملي لتر ماء}$$

أي أن هناك في كل لتر من مياه البحيرات العذبة في درجة حرارة (20 مئوية) وعند سطح البحر (6.2 ملي لترا) من غاز الأوكسجين للأسماك للتتنفسه!

ومن الاستخدامات الطريفة والخافية على الكثيرين، استعمال الباحثين (لقانون هنري) لتفهم وتفسير سبب (الطقطقة) المصاحبة لشد مفاصل الأصابع أو ثنيها، فالغازات المذابة في سائل مفاصل سلاميات الأصابع سرعان ما تخرج منه وذلك نتيجة التمدد المفاجئ لفسحاتها الموجودة ضمنها. بتمدد تلك الفسحات ستتولد تجاويف مفاجئة ذات ضغوط منخفضة جدا الأمر الذي يدفع الغازات المذابة في سوائل المفاصل داخلها إلى التجمع بسرعة وتكوين فقاعات مجهرية بفضل انخفاض الضغط، ومن ثم انكماشها بسرعة وذوبانها الآني مرة أخرى بفعل قوى الشد الميكانيكية التي تُرجع المفصل فورا إلى وضعه الأول مما يسبب سماع تلك (الطقطقة) المألوفة.

وفي عمليات الغوص في الأعماق، يكاد يساوي ضغط الهواء المضغوط الذي يدخل الرئة للتنفس ضغط عمق المحيط المائي الذي يتحرك فيه الغواص وعليه فكلما انحدر الغواص إلى أعماق أبعد، كلما زاد ضغط الماء عليه وعلى رئتيه وزاد في نفس الوقت على الغاز داخلهما الأمر الذي يؤدي إلى زيادة حجم الهواء المذاب في الدم فيهما. ويُنصح الغطاسون دائما

بتوئـدة الصعـود من الأعمـاق إلى السطح والانتبـاه الشديد وحساب الوقـت الذي عليهم انتظاره عند كل مرحلة من مراحل صعودهم إلى الأعلى، وبخلافه فإن انخفاض ضغط الهواء المـذاب في دم الرئتين وبقية أعضاء الجسم سيجبره علـى الخروج بسرعة منه ويمتزج معه. أما وجـود فقاعات الهواء الصغيرة في الدم فستكـون السبب لكثير من آلام العضلات المبرحـة التـي يعانـي منهـا الغطاسـون، كما قـد يحدث الانصمام الهوائي (Air Embolism) في الرئتين ومنه ينتقل بسرعة مع الدم المدفوع من قبل القلب إلى الدماغ فيسبب الوفاة المحتمة وتسمى هذه الحالـة بمرض الغطاسين (Decompression Sickness).

يأمل باحثو شركة (كن كالسمكة للتكنولوجيا – Like – A – Fish Technologies) الاعتماد على (قانون هـنري) لاستخراج الأوكسجين القابل للتنفس من مياه البحر ليتنفسه الغواصـون. وعليه قد يتمكن الإنسان من العودة إلى البحر بدون الحاجة لحمل قناني الغوص التقليدية، أو هذا ما تحلم به تلك الشركة على الأقل.

مبـدأ الفكرة بسيط، يعتمد على إخضاع مـاء البحر لضغط منخفض يعمل حسب (قانون هنري) على إطلاق وتحرير الغازات الذائبة فيه ليتنفسها الغواص. حصلت الشركة ومنذ زمن على براءة ذلك الاختراع وسجلته في أوربا ولا يزال تسجيله معلقا في الولايات المتحدة، ومن الجدير بالذكر أن النموذج المختبري لذلك الاختراع كان قد أثبت نجاحه عمليا.

للفضوليين فقط:

• كلنـا يطبـق (قانون هنري) في كل مـرة تُفتح فيها علبة أو قنينة مـن المشروبات الغازية المعبـأة، فالعلبـة أو القنينة المغلقة تحتوي على غـاز (ثاني أوكسيد الكربـون) مذابا في الماء أو السائـل أو العصير فيها وتحت ضغط عال. تبدأ فقاعات الغاز بالتجمع حالا مع بعضها وتبدأ فورا بمغادرة السائل حالما تفتحها وتزيل الضغط المسلط على الغاز داخلهما.

• تمكـن والـد (هنري الابن) وهو (ثوماس هنري الأب) والـذي كان يعمل صيدلانيا، مـن اكتشاف طريقة جديـدة لصناعة مادة كربونـات المغنيسيـوم ($MgCO_3$) والتي شاع

استعمالهـا كمادة مضـادة لحموضة المعدة أثبتـت فعاليتها، واشتهرت فعُـرف (هنري) بها وعُرفت به وسميت باسمه (شراب مغنيسيوم هنري).

- قتل (وليم هنري) نفسه انتحارا لانهيار صبره ومقدرته على المعاناة التي كابدها طوال حياته بسبب عوقه الفيزيائي.

أقوال مأثورة:

– عُـرف (هنري) بخجله وامتاز بـه واشتُهر عنه تحفظه مع الغرباء ووُسم به. إحاطته صفة البرود في التعامل وإبداء المشاعر أينما حل؛ ولعل ذلك لم يكن مستغربا من إنسان رافقه العوق منذ شبابه ومنعه من تذوق الهناء أو الارتياح المصاحب للاسترخاء الذي لم يعرفه في حياته.

لقد عانى (هنري) الأمرين جراء الآلام التي لازمته بالإضافة إلى سوء جهازه الهضمي الذي أقض مضجعه وكان كثير التذمر والشكوى بل وشديد الأسف والحسرة لوقوعه في أسر حالته الصحية وعوقه الجسدي الذي حال دونه ودون تحقيق أمانيه وإثبات مقدرته في ميادين العلم وسوح الإبداع والإختراع.

ثورنبر

Craig Thornber، (Thomas Henry، FRS and his Son William Henry، MD، FRS، GS)

مقتطف من كتابه الذي خصصه (للهنريين - الأب والابن).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولـد الكيميائـي الإنكليـزي [وليـم هـنري (William Henry (c.1774–1836]

والـذي اشتهر بقانونـه الذي ربط العلاقة بين كمية ذوبان أي غاز بمقدار الضغط المسلط عليه فوق السائل المذيب له، في مدينة (منشستر – Manchester) في إنكلترا.

في العاشرة من عمره صادف حظه العاثر سقوط أنبوب ثقيل عليه أدى إلى إصابته بأضرار بليغة ظل يعاني من جرائها الآلام المبرحة طيلة أيام حياته. لقد حدّت إصابته من حرية حركته

إلى درجـة كبـيرة آثر بعدها الخلـود إلى القراءة والتركيـز على الدراسة المكتبيـة لتحدد قابلية حركته. وصف ولده (وليم شارل هنري – William Charles Henry) حاله والده في الكتاب الذي ألفه بعنوان (السيرة الذاتية للدكتور هنري) جاء فيـه:

((رغم آلامـه وعوقه اللذان رافقاه منذ طفولته المبكرة فقد حباه (المولى عز وجل) حظا عظيمـا وقدرات تعويضـية هائلة لولاها لما اسـتطاع مقاومة وقهـر الآلام المبرحة التي لازمته كظله في حله وترحاله والتي كانت تغصبه علـى الجلوس المتكرر في الطرقات لإراحـة جسـده المنهك من مطارقها. لقـد جاهد جهاد القديسـين للتفوق على عنصر النقص والإعاقة ومقارعة الآلام النفسـية والجسـدية فهدته بصيرته إلى البحث عن... والتركيز على قدراته العقلية لصـقلها ولتطويرها، فاكتشـف في ذاته مقدرته التحليل وإدراك الغاية تلكما الخلتان اللتان ساعدتاه طوال حياته في مجابهة التأثير السلبي الهدام لبنية جسـده النحيل وعوقه البيّن كي تسـتقيم خطاه ويتمكن من تحقيق الأماني العظام والطموح الكبير الذي فرضته عليه بلا هوادة روحه الوثابة الصامدة الجسور)).

لم يذكـر (وليم شـارل) شيئا عن حياته الاجتماعيـة ولا عن زواج والـده ولا أي تفاصيل تخصـ عائلتـه ولكننا نعلم بعض الأشياء عـن الصداقة الحميمة التي ربطـت والده بـ(جون دالتن) الكيميائي الإنكليزي الشهير بإسهاماته الفذة في تطوير النظرية الذرية. قُبل (هنري) في جامعة ادنبره (Edinburgh) عام (1795)، وحصل منها على شهادة الدكتوراه في الطب عـام (1807) واختص بعد ذلـك في الأمراض البولية. لقد ابتـدأ حياته العملية حينما شغل منصب الطبيب المعالـج في مصحة (منشستر) وعكف على دراسة أسباب وأعراض وعلاج حالات حصاة المثانة وكتب عدة مقالات عن داء السكري. وفي عام (1808) انتُخب زميلاً للجمعية الملكية التي منحته في عام 1809 (ميدالية كوبلي – Copley Medal)[1]

(1) Copley Medal – جائزة تقديرية ابتدعتها الجمعية الملكية في عام (1731) ولا زالت تُمنح حتى اليوم لعظيم الإنجازات في حقول العلـوم الفيزيائيـة عاما والبيولوجية في العام المـوالي. أول من حصل عليها هو (ستيفن كـراي – Stephen Gray) لتجاربه الكهربائية الرائدة. ابتدعها (السر جورج كوبلي – Sir Geerge Copley) بتبرعه بمبلغ مئة باوند (من أموال ذلك الزمان!) مع فوائده.

نذر (هنري) جل وقته للبحوث والدراسة ولا سيما الاستزادة من علوم الكيمياء، مع تركيز بيّن علــى دراسة أسلوب تصرف الغازات. وقد منحتــه الجمعية الملكية في عام (1802) فرصة تلاوة أحد أهم أبحاثه أمامها، تلك الورقة التي وجدت طريقها للنشر في العام الموالي (1803) مباشرة.

وصف (هــنري) في ورقته تلك بحوثه وتجاربه حول تصرف الغازات ولاسيما الهواء تحت ظروف ودرجات الضغط المختلفة، فلقد تمكن من إثبات حقيقة ذوبان ضعف الكمية من الغاز الموجود في مماس على سطح سائل مذيب له في إناء محكم بمجرد مضاعفة مقدار الضغط الجوي عليه، ولقد قادت تلك التجارب والملاحظات (هنري) إلى اكتشافه للقانون الذي يحمل اسمه.

وبالنظر لأهمية ذلك القانون واتساع تطبيقاته فقد جاء ذكره ووصفه في العديد من كتب الكيميــاء المنهجيــة والتجريبية وبصيغ مختلفة فعلــى سبيل المثال جاء ذكــر القانون في كتاب (الكيمياء العامة) لمؤلفه (لينس بولنك – Linus Pauling) كما يلي:

(في درجة حرارة ثابتة، يتناسب الضغط الجزئي للطور الغازي لمزيج محلول ثابت متوازن مــع مقدار تركيزه في محلوله، والذي يكون أقل منه تركيزا. وتوازي هذه العبارة قولنا: تتناسب قابلية ذوبان الغاز في محلول مع ضغطه الجزئي).

لقد نشر (هنري) العديد من المقالات التي تصف مكونات حامض الهيدروكلوريك والأمونيا (النشــادر) والعديد من أمزجة الغــازات القابلة للاستعمال مع محاليلها، إضافة إلى مقالات في قابليــة الحرارة في القضاء على الجراثيم. طُبع كتابه المعنون (عناصر الكيمياء التجريبية) في عام (1801). وهو الكتاب الذي أدرج فيه (هنري) محاضراته التي ألقاها في (منشستر) في الفترة مــا بين عامــي (1798–1799)، والذي أعيد طبعــه إحدى عشرة مرة خــلال ثلاثين عاما، واحتل مركز الصدارة كأشهر وأكثر الكتب المنهجية الإنكليزية في الكيمياء رواجاً في العالم.

قــرر (هنري) في وقت ما مــن عام (1824) الموافقة على إجــراء جراحة ليديه لعلاجهما، ولكنــه مع ذلك ظل يعاني وطوال سني حياته من الآلام المبرحة التي لم يستطع منها فكاكا... زادتهــا صحته المعلولة وأمراضه المزمنة سوءاً على ســوء، كل ذلك إضافة إلى وبسبب إصابته الأولى في طفولته. لقد تظافرت واجتمعت كافة عوامل الألم والأسى واليأس عليه حتى حرمته

لذة الكرى، فانتحر في يوم مشؤوم من عام (1836).

ذكر كاتب سيرته (كريك تورنبر – Craig Thornber) ما يلي:

((عندما ننظر إلى مجل أعمال وبحوث واهتمامات (وليم هنري) في مختلف حقول الكيمياء وعلوم النبات وعلوم الأرض والطب والأدب وإدارة الأعمال بالإضافة إلى دوره المتميز كأحد أهم المؤسسين (للجمعية البريطانية لتقدم العلوم) ونائب رئيس كل من المجمع العلمي والمجمع الأدبي إضافة إلى رئاسته لمجمع التاريخ الطبيعي في مدينة (منشستر)، لإدركنا أهمية هذا الرجل ومنزلته في الخط الأمامي للحياة العلمية المتدفقة لتلك المدينة في الوقت الذي بدأت فيه بتبوئ موقع الريادة والصدارة كأهم مدينة صناعية في العالم)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Henry, Charles. *A Biographical Account of the Late Dr. Henry* (Manchester, U.K.: F. Looney, 1837).

Kimbrough, Doris R., "Henry's Law and Noisy Knuckles." *Journal of Chemical Education*, 76(11): 1509, 1999.

Odian, George, and Ira Blei. *Schaum's Outline of General, Organic and Biological Chemistry* (New York: McGraw-Hill Professional, 1994).

Pauling, Linus. *General Chemistry* (New York: Dover, 1988).

Scott, E. L., "William Henry," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Thornber, Craig, "Thomas Henry, FRS and his son, William Henry, MD, FRS, GS"; see www.thornber.net/cheshire/ideasmen/henry.html.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• لعل ذروة ما يستطيع الفيزيائي بلوغه هو وضع يده على تلك القوانين المنمنمة متكاملة التكوين والبنيان ورشيقة الهيئة كاملة البيان، والتي يمكن بالاعتماد عليها إعادة بناء الكون عن طريق التوقع والتنبوء العلميين.

اينشتين

Albert Einstein، 1949 interview Alfred Werner، .Liberal Judaism

من مقابلة له مع (ألفريد ورنر)

• عندما يصادف أي إنسان علمي التوجه والتفكير الحقيقية الرياضية المكتشفة من قبل رياضي ما متمثلة بقانون أو بمعادلة، فإن ضميره وعقله سيُكبران لذاك الرياضي اكتشافه، وستغشى ذاته وكيانه حقيقة الاطلاع على أحد أسرار الكون فينتشي بها.

بنروز

Roger Penrose، The Emperor's New Mind.

مقتطف من كتابه (عقل الإمبراطور الجديد).

• أتراها مصادفة أن ينتهي أعظم عبقريين أنجبهما القرن التاسع عشر حياتيهما بالانتحار؟!!. لقد قضى [(آلان تيورنك -(Alan Turing (1912-1954)] على نفسه بتناوله لقضمة تفاحة مشبعة بسم السيانايد. وأنهى [(كردكودل - (Kurd Godel (1906-1978)] حياته بقراره بالتضور جوعاً حتى الموت. نتساءل ؛ أيا تُرى هل دمّر هذان الرجلان العظيمان نفسيهما بسبب نبوغهما وسمو منطقهما أم بالرغم منهما معا؟ وأكانت مصادفة حقا أن يعجب الاثنان وحتى الهوس برائعة والت دزني (الجميلة النائمة)؟

هولت

- Jin Holt، (Obsessive - Genius Disorder)، New York tember 3، 2006 Book Review، Sep

مقتطف من كتابه (الهاجس التسلطي - داء النوابغ).

• هناك في العالم المثالي للأفكار الأفلاطونية توجد القلعة الرائعة للكيان الرياضي بكيانها الأخاذ ومنظرها الآسر والتي تقربنا إليها وبكل التؤدة وبكامل الخجل وعبر العصور والأجيال... حيث مكنتنا من اكتشاف شيء من جمالها وروعة دقتها، (ولا أتجاوز حدودي واحترامي لنفسي لأقول بأننا اخترعناها أو ابتكرناها بأنفسنا نحن بنو البشر). لقد تمكن عظماء الرياضيين وفطاحلهم عبر السنين من تحديد بعض القسمات الخارجية لذلك المعمار البديع والصنع الأصيل، ولكن كل ما كشفته جهودهم وكامل ما فنوا فيه أعمارهم لم يبد لهم إلا نزرة قليلة من تشكيلات دقيقة خلابة نُقشت على واحدة أو اثنين من بلاطات رخام (مطبخها)، ومع ذلك تملكتهم الفرحة العارمة وتقمصتهم السعادة الغامرة... لأنهم أدركوا – ولو بعد عناء – بأن الرياضيات بحد ذاتها هي عبارة عن سفر ضخم جليل وجدوا أنفسهم – منطقيا –

منساقين إلى افتراض وجوده وأيقنوا بأنه الوحيد الحاوي على خارطة بناء كل ما يرونه حولهم من حقائق مبعثرة ومشاهدات متراكبة، وبين طياته توجد بوصلة النجاة الهادية إلى بر الأمان في بحر حقائق الكون المعقدة. أما هوية المبدع الأصيل لذاك السفر الجليل وكاتبه العظيم (أو إن شئت مهندس وباني قلعتنا الساحرة السامقة) فلك أنت ولغيرك ما شئت من سعة الخيال لتصورها أو افتراضها...

مانن

Yuri I. Manin، (Mathematical Knowledge، Internal، Social and Cultural Aspects.

مقتطف من كتابه (المعرفة الرياضية من منظورها الداخلي والاجتماعي والحضاري).

• إن النظام والتناظر لا يفسر ولا يحكم الكون بقدر ما يصفه ويفتح أعيننا على ما فيه. نعم كلنا يكيل المديح والفخار (لأينشتين) لأنه تمكن من إدخال بعض النظام إلى عالم الفيزياء الحديثة بتقديمه لنا نظريته في النسبية الخاصة وفحواها المعادلة الشهيرة القصيرة والمعبرة ($E=mc^2$)... ولنا أن نتعجب من مقدار السلطة التي منحتها تلك المعادلة الصغيرة لنظامنا المعرفي، فبها صار في إمكاننا تطبيق قوانين الفيزياء على أي نظام نريد. لقد صارت القوانين (وبقوة النسبية) فعالة أزلية بإمكانها تفسير أي نظام ومهما بلغت إزاحته – وذلك باختصار هو مفهوم النسبية – إن للتناظر الفضل الكبير في تبسيط الأشياء وذاك هو الأساس الدفين والمغزى العميق للتوظيف الرياضيات في علوم الفيزياء. ما تنشده الفيزياء حقا وما تساعدها الرياضيات على تحقيقه وإبرازه هو تسليط المزيد من الضوء على التناظر البديع الذي يُضفي المزيد من الجمال والروعة لملاحظاتنا وتوصيفنا للكون من حولنا، وياله من هدف سام عظيم.

ليدرمن

Leon Lederman، interview، September 22، 2005، in Sibhan Robert's King of Infinite Space.

من مقابلة له نُشرت في كتاب (ملك الفضاء اللامتناهي).

قانون غاي - لوساك لأحجام الغازات المتفاعلة

GAY-LUSSAC'S LAW OF COMBINING GAS VOLUMES

فرنسا 1808:

يمكــن التعبير عن أحجــام كافة الغازات المتفاعلة كيميائيا مع بعضــها البعض أو التــي تنتج جراء تلك التفاعلات بنسب من أرقام صحيحة صغيرة.

محاور ذوات علاقة:

قانــون شــارل للغــازات (CHARLES'S GAS LAW) و (قانــون افــوكادرو للغــازات (AVOGADRO'S GAS LAW) و (جون دالتن JOHN DALTON) و جين بابتست بايــو (JEAN–BAPTISTE BIOT) و الكسنــدر فــون هامبولــــت (ALEXANDER VON HAMBOLDT) ولوي جاك ثنار(LOUIS JACQUES THENARD).

من أحداث عام 1808:

- أوقفت الولايات المتحدة استيراد العبيد من أفريقيا.
- سحق نابليون تمردين أحدهما في إسبانيا و الثاني في إيطاليا.
- قــاد **(لودفك فان بتهوفن)** الفرقة السمفونية وعزف بنفسه مقطوعات (كونسرت) كانت المقدمات لسمفونياته الخامسة و السادسة ولكونسرت البيانو الرابع.

نص القانون وشرحه:

ينص (قانون غاي – لوساك) لاتحاد أحجام الغازات على **قابلية تناسب كلا أحجام الغازات المتفاعلة والغازات الناتجة عن التفاعل بأرقام صحيحة صغيرة.** وقد أذكي هذا القانون في عام (1811) كما أذكت التجــارب المتعلقة به قريحةُ الكيميائــي الإيطالي [امديو افــوكادورو (Amedeo Avogadro 1856–1776)] وشحذ ذهنه لتقديم نظريته الشهيرة القائلة باحتواء الأحجام المتساوية من مختلف الغازات وتحت نفس ظروف الحرارة والضغط على ذات العدد من الجسيمات أو الجزيئات الغازية

(انظر قانون افوكادرو للغازات لاحقا- Avigdro's Gas Law).

ناقش (كاي – لوساك) في ورقته المنشورة في عام (1809) تحت عنوان (أطروحة حول اتحاد المواد الغازية مع بعضها البعض) القانون الذي سيحمل اسمه في المستقبل وقد كتب فيها يقول:

> **((إن غرضي الأساسي من ورقتي هذه هو التعرف على بعض الصفات الجديدة للغازات والتي تمتاز برتابتها وتكرارها. ومن بين تلك الصفات تأتي خاصيتها وميلها للاتحاد مع بعضها البعض بنسب ذات أعداد صحيحة صغيرة، هذا وأن الأحجام الغازية المتولدة من جراء تلك التفاعلات تخضع بدورها أيضا إلى نفس القانون. لقد توصلت وكلي أمل أن أتمكن من إثبات فكرة أننا ربما – وفي وقتنا الحالي – على وشك أن نتمكن، وأن الوقت لم يعد بعيدا عن استطاعتنا إخضاع الجل الأعظم من عناصر الظاهرة الكيمياوية برمتها إلى العملية الحسابية)).**

أنجز (كاي – لوساك) بمعية عالم الطبيعيات البروسي [الكساندر فون هامبولت Alexander von Humboldt (1769–1859)] العديد من التجارب حول إمكانية توليد بخار الماء بإمرار شرارات كهربائية خلال أمزجة من الهيدروجين والأوكسجين، وتمكن من ملاحظة أن لكل حجم معلوم من غاز الأوكسجين المستهلك في تلك التجارب والتفاعل لابد أن يحتاج إلى ضعف حجمه من غاز الهيدروجين، والذي لابد أن يضاف إلى إناء التفاعل.

وقد بلغت القياسات التي أجراها العالمان درجة عالية من الدقة وكانت دائما تشير إلى نسبة 2: 1 لصالح غاز الهيدروجين وبدقة مقدارها 0.1%. وكتبا ما توصلا إليه عمليا كالتالي:

- حجمان من غاز الهيدروجين + حجم واحد من غاز الأوكسجين = حجمان من بخار الماء

مع الاحتفاظ بكافة ظروف التجربة لأغراض القياسات الحجمية (ولجميع الغازات المتفاعلة والناتجة) – تحت نفس ظروف درجات الحرارة والضغط، فوجدا تناسب كل من الأحجام المتفاعلة والأحجام الناتجة مع بعضها البعض بأعداد صغيرة صحيحة. لقد طفق كاي – لوساك (وقد تسلح بالنتائج المشجعة التي كان قد حصل عليها من تفاعل غازي الأوكسجين والهيدروجين) على إجراء العديد من الاختبارات والتجارب على العلاقات

الحجمية لمواد غازية أخرى كثيرة حتى توصل إلى ما يلـي:

- **ثلاثة أحجام من غاز الهيدروجين + حجم واحد من غاز النتروجين = حجمان من غاز الأمونيا.**
- **وحجم واحد من غاز النتروجين + حجم واحد من غاز الأوكسجين = حجمان من غاز أوكسيد النتريك.**

واستمر كاي – لوساك في شرحه مسترسلا:

((وهكـذا ظهـر لي – وبالتجربة العمليـة – أن اتحاد الغازات المتفاعلـة لابد وأن يحدث بنسـب بسيطة دائما وهذا بالفعل ما عكسـه واقع كافة الأمثلة التي تمت دراستها، كأن تكون نسـب أحجـام الاتحـاد 1 إلى 1 أو 1 إلى 2 أو 1 الى 3. أما بالنسـبة للأوزان فلم أتمكن من إيجاد أية علاقة رقمية سـليمة بين أي من عناصر التفاعل ونواتجها، ولا بين أي مـن المركبات الناتجة أنفسـهنّ، إلا اللهم إذا وجد مركب ثان مشـترك بين نفس العناصر فسـتكون النسـبة الجديدة للعنصر المضـاف من مضـاعفات الكمية الأولى. أما بالنسبة للغازات ففي تصرفها شـيء أقرب إلى الإحكام فلا توجد أي مقادير اتحاد بين أي تركيبة منها إلا وتنتج مركبات ذات علاقة مضـاعفات بسـيطة كاملة بين أي من مكوناتها. ولا تتحد أحجام الغازات بنسب بسيطة كما ذكرنا وحسب، وإنما إذا حدث هناك أي تقلص في حجوم الغازات الناتجة فإن ذلك التقلص يحدث أيضـا بنسب بسيطة صحيحة. ومن الجدير بالذكر أني لم ألاحظ- في مراقباتي وتجاربي – خضوع المواد الصلبة ولا السائلة ولا أوزانها لمثل نسب التفاعل والاتحاد والنتائج التي نحصل عليها في تفاعل الغازات، ويعتبر ذلك مثالا واضحا وإثباتا ساطعا بأن تلك المواصفات لا تنطبق إلا على الغازات)).

لقـد بدا واضحا إسنـاد (قانون كاي – لوساك) للفكرة القائلة بـأن أحجاما متساوية من الغـازات لابد وأن تحتوي على أعـداد متساوية من الجسيمات الغازيـة وتسند هذه الفكرة بدورها على حقيقة الأعداد المتناسبة الصغيرة للأحجام المتفاعلة (والناتجة). وإضافة إلى كل مـا سبق، فهناك الكثير من المـرات والمناسبات التي صـرّح (كاي – لوساك) خلالها وأعلن عن إعجاب العالم الكيميائي الإنكليزي [جون دالتن (1766–1844) John Dalton]

بفكرته العبقرية تلك حيث كانت تتماشى مع فكرته للجزيئات، والنظرية الذرية التي نادى بها.

تمكن العلماء – بعد فترة وجيزة – من فهم شيء عن التركيب الهيكلي الأساسي للمواد وذلك بعد أن درسوا باهتمام وبدقة أحجام الغازات. كتب (موريس كروسلاند – Mourice Crosland) في مؤلفه الموسوم (كاي – لوساك: العالم والبرجوازي) يقول:

((من السهل جدا أن يُغفل علماء اليوم الأهمية العظيمة للمنحى الحجمي الذي سلكه (كاي – لوساك) في دراساته وتجاربه. ولكنني لا بد أن أجلب أنظاركم إلى أثره البين كواحد من أهم الطرق المبدئية للبحث والتأكد من المسائل الجوهرية المتعلقة بالتركيب والتفاعل الكيميائين والتي كان لهما أجل التأثير على كيمياء وأفكار كيميائيي النصف الأول من القرن التاسع عشر. لقد وفرت طريقته الأسلوب الناجع المستند فعلياً على قوة التجارب العملية في مرحلة لم يتوفر فيها للعلماء الكثير من السبل والحلول لفهم الوحدات والمكاييل الفيزيائية والكيماوية ولا للإجابة على الكثير من الأسئلة المطروحة آنذاك)).

وفي عام (1802) تمكن (كاي – لوساك) كذلك من صياغة قانونه الذي نص على التناسب الطردي ما بين حجم كمية معينة من الغاز تحت ضغط ثابت مع درجة حرارته المطلقة المقاسة بدرجات حرارة كلفن.

يُكتب (قانون كاي – لوساك) هذا كما يلي:

$$\boxed{V = kT,}$$

حيث يمثل V – حجم كمية غاز معينة تحت ضغط ثابت و k – ثابت التغيير و T – درجة حرارته المطلقة، ويطلق على هذا القانون اليوم اسم **(قانون شارل)** رغم أن **(كاي – لوساك)** كان أول من توصل إليه ونشره فعلا! وذلك لأن **(كاي – لوساك)** كان قد ذكر بعض الأعمال غير المنشورة للكيميائي الفرنسي [جاك شارل Jacques Charles (1746–

1823)] يعود تاريخها إلى العام (1787) كمصدر له.

ملاحظة: (انظر مدخل قانون شارل للغازات في القسم الثاني من هذا الكتاب).

للفضوليين فقط:

• اخترع كاي – لوساك أول مضغاط (بارومتر) جوي متنقل.

• اخترع آلة جديدة لتعيين مقدار كمية الفضة الموجودة في العملات المعدنية عندما كان أمينـا لدار سك العملات الوطنيـة. ولقد ظل اختراعه هذا هو الوحيـد المعترف به قانونا في فرنسا ولحد عام (1881).

• طـار محلقـا في بالون حتى حطم الرقم القياسي وقتئذ بتسجيله لارتفاع مقداره (ثلاثة وعشريـن ألـف 23000 قدمـاً) وذلك لغرضـ اختبار فرضيتـه حول المجـال المغناطيسي للأرض، ولاختبار وتحليل مكونات الهواء على ارتفاعات متعددة فوق سطح الأرض.

• انفجر مختبره عن بكرة أبيه وتحطمت كل آلاته وأجهزته الكيمياوية وتبعثرت كافة محتوياته يومـاً. هذا وقـد أدّى أحد الانفجارات الأخرى التي تعرض إليهـا إلى إصابته شخصيا بالعمى المؤقت، كان ذلك من جراء إحدى تجاربه حين مزج عنصر البوتاسيوم النقي مع مادة أخرى!

أقوال مأثورة:

• لعـل أعظـم إنجاز حققه (كاي – لوســاك) في حياتـه كان قانونه حول أحجـام الغازات المتفاعلة والناتجـة والذي كان قـد أعلنه في اجتماع للجمعية العلمية عام (1808). لقـد مثّل ذلك القانون زهرة وثمرة الكفاح والفكر الذي آمن به ودافع عنه ونذر (كاي – لوساك) نفسه لإثباته في عالم الفيزياء، تلك الثمرة التي عززت ثبات ورسوخ النظام فيه. ولا مراء بأن هذا هو عين الهدف الذي كان وما يزال ديدن كافة العلماء في كل زمان ومكان.

كروسلاند

Maurice P. Crosland، (Joseph Gay - Lussac) in Dictionary of Scientific Bio grophy.

مقتطف من مشاركته حول (جوزيف كاي - لوساك) في (معجم سير العلماء الذاتية).

• **لم أختر مهنتي (الطب) سعيا وراء المال والثراء ولكنها هي التي اختارتني لأنني لم أكن الساعي إليها.**

كاي - لوساك

Joseph Gay-Lussac، qouted in Maurice Pierre. Crosland's Gay-Lussac، Scientist and Bourgeois)

مقتطف من كتاب (كاي - لوساك العالم والبرجوازي).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

• ولد الكيميائي والفيزيائي الفرنسي [جوزيف لوي كاي – لوساك Joseph Louis Gay – Lussac (1778–1850)] الذي اشتهر بإسهاماته القيمة في مجال الكيمياء الفيزيائية للغازات، في مدينة (سان – ليونار – دو – نوبال – Saiut – Leonard – de – Nobalt –) الواقعة في وسط فرنسا. اشتغل والده (انتوني كاي – Antoine Gay) في المحاماة تحت اسم (كاي – لوساك) لتمييز نفسه عن أُناس آخرين يحملون نفس الاسم (كاي)، وقد توصل الوالد إلى ابتكار اسمه الجديد باستلهام اسم أحد إقطاعي منطقة (لوساك) التي ضمت بعض أملاك العائلة.

• ذهب في عام (1794) إلى باريس لتكملة دراسته في المدرسة التقنية بعد أن أكمل معظم تحصيله الدراسي الأولي في البيت. وصادف أن اعتقل والده خلال أحداث الثورة الفرنسية.

• في عام (1809) أصبح (كاي – لوساك) أستاذاً للكيمياء في نفس المدرسة التقنية التي سبق أن تخرج منها، وتزوج في نفس العام من الجميلة الفاتنة (جنفيف – ماري – جوزيف روجو – Genevie've – Marie – Joseph Rojot)، أُعجب (كاي – لوساك) بتلك الحسناء التي كانت تشتغل في محل لبيع الأقمشة وخياطتها أيما إعجاب بعد لقائهما، واكتشافه حبها للكيمياء من خلال الكتاب الذي كانت تدرسه خلسة. لقد أثمر حبهما وزواجهما عن إنجابهما لخمسة أطفال.

• وفي عام (1832) تولى منصب الأستاذية في الكيمياء في الحديقة النباتية وهي أهم

منشأة فرنسية تعنى بالحياة النباتية.

وفيما يلي قائمة ملخصة لمواضيع اهتماماته ولأهم حقول إنجازاته:

• في عام (1802) توصل (كاي – لوساك) إلى صياغة قانونه الذي يربط تمدد الغازات خطيا بدرجات حرارتها – عند الاحتفاظ بضغطها ثابتا، هذا القانون الذي يعرف اليوم بـ (**قانون شارل**) للغازات على الرغم من عدم قيام (شارل) نفسه بقياس أي من معاملات التمدد في عام (1787).

• لقد استنتج (كاي – لوساك) بأن مقدار تمدد الأحجام المتساوية من جميع الغازات على اختلاف انواعها لابد وأن يكون متساويا لجميع الغازات عند بلوغها لذات الارتفاع في درجات حرارتها. وتمكن من تحديد هذا التمدد الغازي وحسابه بـ (266.66/1) من حجم أي غاز في درجة حرارة الصفر المئوية ولكل درجة ارتفاع واحدة في الحرارة، نعلم اليوم من الحسابات الدقيقة التي توفرت لنا بأن مقدار تمدد الغاز المحصور تحت ضغط ثابت يبلغ (273.15/1) من حجمه في درجة حرارة الصفر المئوية ولكل درجة زيادة مئوية واحدة في حرارته.

• في عام (1804) بلغت الجرأة (بكاي – لوساك) وحبه للعلم أن انبرى للتحليق بأحد مناطيد الهيدروجين إلى ارتفاع قارب الخمسة كيلومترات لا يصاحبه فيه إلا العالم الفرنسي المعروف [جين – بابتست بايو (1774–1862) Jean – Baptiste Biot] وذلك لدراسة مكونات جو الأرض.

• أعجب (كاي – لوساك) بفكرة التحليق وأيقن بأهميتها فأعادها بنفسه واستطاع إعادة ملاحظاته وحساباته لمقادير الضغط الجوي ودرجات الحرارة والرطوبة والمغناطيسية على مختلف الارتفاعات. وفي انطلاقه وتحليقه للمرة الثانية كان قد تمكن من الوصول إلى ارتفاع وقدره (7،106 مترا)فوق سطح البحر الأمر الذي أهله لتحقيق رقم قياسي فريد في ارتفاعات التحليل بالمناطيد لم يتم كسره إلا بعد خمسين سنة تلت.

• وفي عام (1805) اكتشف مع عالم الطبيعيات والمكتشف البروسي [الكسندر فون هامبولد (1769–1859) Alexander von Hamboldt] الحقيقة القائلة بثبوت مكونات الغلاف الجوي الأرضي وعدم تغيرها بتغير الارتفاع عن مستوى سطح البحر،

(على الأقل للارتفاعات التي استطاعا سبرها).

• في عام (1808) اكتشف كاي – لوساك بمعية الكيميائي الفرنسي [لوي جاك ثينار Louis Jacques Thenard (1777-1857)] عنصر البورون (Br) وهو من عائلة مكونات الملح (الهالوجينات – Halogens) المعروفة في الجدول الدوري ومن أفرادها اليود والكلور. واقترح كذلك – وفي نفس تلك الفترة تقريبا – اعتماد معدل تحلل أي محلول موصل للكهربائية على قوة التيار الكهربائي المار في القطب المغمور فيه وليس على حجم ذلك القطب.

• وفي عام (1815) تمكن من تركيب مادة السيانوجين (C_2N_2) وهو سم كيميائي قوي يستعمل لإنتاج المبيدات الحشرية.

• في عام (1816) تمكن من تحديد خمسة أكاسيد لغاز النتروجين ذوات الصيغ الكيميائية الحديثة التالية: N_2O، NO، N_2O_3، N_2O_5.

ومن المثير حقا أن أهمية البحث الأول المنشور لـ (كاي – لوساك) لم يكتسب قيمته العلمية من تفرده ودقته فحسب، إنما لتزامنه مع بحث مطابق له كان قد نضُج مستقلاً في نفس الفترة على يد الكيميائي والفيزيائي وعالم الأرصاد الإنكليزي الشهير [جون دالتن (John Dalton (1766-1844]. توصل الباحثان والعالمان (دالتن) و(كاي-لوساك) في بحثيهما المنشورتين في نفس الوقت تقريبا من عام (1802) حول تصرف التمدد الحراري للعناصر الغازية إلى الاستنتاج المشترك بتساوي مقدار تمدد كافة الغازات لنفس الارتفاع في درجة الحرارة إذا ما أُبقيَ الضغط المسلط عليها ثابتا.

• ولعل خير ما يذكر به (كاي – لوساك) اليوم وما يعتبر بحق أهم مساهماته في عالم الصناعة هو تطويره في عام (1827) لطريقه الخزانات الرصاصية المستعملة لإنتاج حامض الكبريتيك. لقد عُرف برجي الامتصاص الطويلين ولفترة طويلة باسم (برجي كاي – لوساك) وقد ساهما فعلا بتسهيل إتمام التفاعل الكيميائي التالي:

$$SO_2(g) + NO_2(g) \longrightarrow SO_3(g) + NO(g)$$

يتم داخل غرف مبطنة بالرصاص إذابة غاز ثالث أوكسيد الكبريت (SO_3) في الماء لإنتاج

الحامض المذكور. ومن الجدير بالذكر توصله كذلك إلى الطريقة الفعالة لإعادة تدوير غاز أول أوكسيد النتروجين (NO) وإعادة أكسدته إلى ثاني أوكسيد النتروجين (NO_2) لإدخاله إلى دورة التفاعل من جديد. لقد استمر إنتاج حامض الكبريتيك بهذه الطريقة لما ينيف عن الـ (150 عاماً) بضمنها كامل فترة القرن العشرين.

لقد عاش (كاي – لوساك) وشهد مرحلة حاسمة في تاريخ فرنسا بيّنها لنا المؤلف (كروسلاند – Crosland) في كتابه الشهير (كاي – لوساك – العالم والبرجوازي) بقوله:

((لقد كان كاي - لوساك محظوظا حقا (رغم آلامه الشخصية وعوقه المتعب) ذلك لأنه مثّل وعن جدارة الجيل الجديد من العلماء الذين برزوا كنتيجة للثورة الفرنسية وميزوا بداية الحقبة المنيرة بعد انطلاقها، فلقد ضم ذلك الجيل باكورة الشباب الذي تمكن من إتمام تحصيلة العلمي بكل الكفاءة والاقتدار اللذين أهلاه إلى اكتساب قوته الكريم بالعمل في الميدان العلمي الفسيح، وأن يتشرف بوظيفته المجزية كعالم. ولإدراك أهمية تلك الخطوة وخطورتها لنا أن نذكر أن الظلام كان قد لف الحقبة التي سبقتها وعلى الأخص من الناحية العلمية فقد كان محظوظا حقا حينها من تمكن من متابعة برنامج واحد من المحاضرات في أي حقل من حقول العلوم، أراده لتوسيع مداركه خارج نطاق المحاضرات الكلاسيكية المنهجية عن طريق الكتب)).

أخلص (كاي – لوساك) كامل الإخلاص لعلمه وأحبه من صميم قلبه أصدق الحب، وقد كانت محاولاته لفهم قوانين العلوم ونواميس عملها من أعظم علامات سموه النفسي والعاطفي فقد نقل (كروسلاند) عنه قوله وبكل تواضع ورجاء: (**إن لقوانين الطبيعة قبسات من نور المعرفة الخالدة ونفحات من عبق الجلال، فإذا لم يكن هناك قلة من البشر قد (صمموا) بطبيعتهم لعشقها وفهمها ومحاولة اكتشافها فلسوف يدرن لنا ظهورهن ويمضين بعيدا دون أن يلحظهن اكثر الناس فراسة**)... ولقد كانت فراسته ظاهرة وأفق نظره بعيدا حين رسم وببساطة ودقة ووضوح العلاقة غير المباشرة بل العلاقة الروحية بين كل من يحب العلم من الصميم وبين الحقيقة القائلة بأن للحب منبعاً واحداً في الكون. هذا وقد أصاب كبد الحقيقة حين قال: (**يجب ألا يشك أحد**

بأن الاكتشاف والإبداع ما هو إلا نتاج اكتشاف وإبداع سبقه، ولابد له بالمقابل أن يكون المنطلق الجديد لاكتشاف أبرع وإبداع أعمق بعده، حتى يرث الله الأرض ومن عليها)[1].

ومما يثير الإعجاب حقاً في هذه الشخصية العلمية الفريدة ويدعو حقاً إلى تقديرها، هو استطاعة (كاي – لوساك) وبرغم كل الآلام التي كان يكابدها ومع كل المعاناة التي كان يعانيها فقد نجح بإضاءة ألوان الفرح ونثر عطر الحبور في حياة ثلة من أصدقائه ومساعديه، وإليك ما كتبه العالم الكيميائي الألماني [جستس فون ليبك (Justus von Leibig (1803–1873) عن أسعد سني حياته تلك التي صاحبه فيها (كاي – لوساك) نفسه حين سمح له بالاشتغال معه ومرافقته في مختبره الخاص:

> **((كيف لي أن أنسى ما حييت تلك السنين الجميلة التي قضيتها في مختبره وتلك الساعات الممتعة المفرحة المميزة التي عشتها معه. لقد كنا نُنهي تحليلاً ناجحاً أو تجربة واعدة (وعليك أن تعلم حتى وإن لم أخبرك أنا بذلك، بأن جميع مراحل اختبار الطرق وتصميم واكتشاف الوسائل في كافة تجاربنا وكل أطروحاتنا المشتركة لم تكن إلا وليدة ذهنه هو وثمرة إصراره وإدراكه دون سواه). كان يقف أمامي قائلاً بثبات: والآن آن الأوان لك أن (ترقص) معي تماما كما كان يرقص معي دائما [لوي ثينار (Louis Thenard(1777-1857] عند اكتشافنا لشيء جديد. فلم يكن هناك ما يمنعنا عن الرقص آنئذ أبداً)).**

توفي كاي – لوساك في باريس وطويت صفحته في عام (1850) وقد منح اسمه تقديرا لذكراه لإحدى فوهات القمر بقطر (26 كيلومترا) وقد تمت المصادقة على تلك التسمية في عام (1935) من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالمية. نُقش اسمه من ضمن أسماء العلماء الفرنسيين العظام الاثنين السبعين التي وضعها (كوستاف ايفل –(1923–1852) Gustave Eiffel) على البرج المسمى باسمه وهو (برج إيفل) الشهير في باريس.

ملاحظة: انظر أيضا (قانون كولوم للكهربائية المستقرة) في الجزء الثاني من هذا الكتاب.

(1) (... وفوق كل ذي علم عليم) سورة يوسف. الآية (76).(المترجم).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Brock, William, *Justus von Leibig: The Chemical Gatekeeper* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1997).

Crosland, Maurice P., *Gay-Lussac: Scientist and Bourgeois* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1978).

Crosland, Maurice P., "Joseph Gay-Lussac," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970)

Gay-Lussac, Joseph, "Memoir on the Combination of Gaseous Substances with Each Other," *Mémoires de la Société d'Arcueil*, 2(207), 1809; translation (Alembic Club Reprint No. 4) reprinted in Henry A. Boorse and Lloyd Motz, editors, *The World of the Atom*, volume 1 (New York: Basic Books, 1966).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• أنـا أؤمـن بالعلم فله بريق وقـوة لا يقاومان. ونتائجه تخالف النظريات الرياضـية جذريا. ففي الوقـت الذي يمكننـا إثبات النظريات الرياضـية (القابلة للإثبـات)، تقف الحقائق العلمية عصـية ثابتة، ليس لنا لإثباتها (أو لمعرفة كنهها وماهيتها) من سبيل. يمكننا فقط إخضاعها للاختبار والتأكد منها مرات ومرات ومرات... حتى يأتي الغبي الصفيق ليرفض تصديق كلّ ما تراه عيناه.

تُشـابه النتائج العلمية حالة وجود الإلكترونات، فكلنا يؤمن ومن أعماقه بوجودها وإذا سـولت لك نفسك نكران ذلك، فلدي سلك الضغط الكهربائي العالي الذي أستعمله عادة لربط ماشيتي، ولا أخالهن يمانعن ربطك به إلى مصدر التيار كإثبات لما تناقشني بشأنه. إن للإلكترونات المارة في خلال السلك حينئذ إليك القدرة الكافية والفعالية الطاغية لتعبر لك عن نفسها، و(لتسكت) لك كافة خلايا جسمك.

لويـد

Seth Lloyd، in John Brockmen's (What We Believe but Cannot Prove.

مقتطف من مداخلة لـ (بروكمن) في كتابه (ما نؤمن به ولا يمكننا إثباته).

• لعلك لم توفّق لاكتشـاف أحد قوانين الطبيعة، ولكن دعني أنقل لك الشـعور الحقيقي لما يشـابه ذلك، فإنك حين تكتشـف أحدها وتوفق لوضـع الكيان الرياضـي له والذي تؤمـن بتطابقه مع مجريات العالم الذي يحيط بك، فحينها وحينها فقط ستشعر بأنك تتكلم إلى الكون الذي حولك برمته وقد كشف

عـن حجابـه لأجلك وأباح بسره لك وحدك لترى مـن آياته وتركيبه ما لم يُكشـف لعيني أحد غيرك، ولم يخطر على قلب بشر سـواك. وعندها ستدرك عظمة الرياضيات لأنها ستكون طوع يديك ورهن إشارة من ذهنك فهي لك الهادي وأنت لها الموجد والمشكل والمصور. تنبع روعة وعظمة الرياضيات من ذاتها الكامنـة في كينونتها وبنائها. فهي تمثل اللحن الجميل والنغم الأصـيل الذي يفهمـه كل العالم. وإذا أردنا المبالغـة والتبجيل، وكما ذهـب الى ذلك (ليبنز – Leibniz) حين قال: (لسـت من المتعمقين المتدينين فعلا، ولكني أدعو إلى... وأؤمن فعلا بوجود النظام الخلاق الآسر المبدع في الكون والذي يزيده تفضـله بقبول الرياضيات معبرا عنه شرفا لها).

ترومبا

Authony Tromba، July 2003 U C Samta Cruz Press release

• لعـل في الخاصـية البنائيـة الفريدة للغة البشريـة المنطوقة بالمقاطع و/أو بالحـروف (وهي ممانعتها الكاملـة للتنظير اللوغارثمي) هو ما يُكسـب الرياضـيات كأس سـبقها كاللغة المناسـبة والوحيدة فعلا للتعبير عن المفاهيم الرياضـية. إن الأمر لا يقتصر فقط على مجرد افتقارنا للكلمات المناسبة للتعبير الدقيق عن مضمون بعض التعابير الفيزيائية من أمثال:

$$[E= mc^2] \text{ و } [\int e^{iS}(\Phi)\, D\Phi]$$

وغيرها، ولكن يتعداها إلى الحقيقة المؤلمة التي تشـلُّنا عن التعامل المرن مع مثل تلك الإنجازات العظيمة الخلابـة باسـتعمال (كلمات) فقط للتعبير عنها... والعجيب المقنع في الموضـوع هـو إمكانية (التجريد) بأعلى مراتبه عكس (الحقيقة) بأنصع وأوضح صورها.

وددت أن أوضح باختصار بأن للغة الرياضيات القابلية الاستثنائية والكفاءة الفذة للتعبير عن معارف علوم الفيزياء بأسلوب تجريدي لا يكاد يجاريها فيها شيء معروف سواها.

مانن

Yuri I ، Manin، (Mathematical Knowledge، Internel،
Social and Cultural As pects)، March 2007.

مقتطف من كتابه (المعرفة الرياضية داخليا واجتماعيا وحضارياً).

قانون أفوكادرو للغازات

AVOGADRO'S GAS LAW

إيطاليا، 1811:

تحتوي الأحجام المتساوية من الغازات على أعداد متساوية من الجزيئات.

محاور ذوات علاقة:

نظرية دالتن الذرية (DALTON'S ATOMIC THEORY) وقانون كاي- لوساك لأحجام الغازات المتحدة كيميائياً (GAY-LUSSAC'S LAW OF COMBINING GAS VOLUMES)

من أحداث عام 1811:

- نشرت الكاتبة الشهيرة جين اوستن (Jane Austen) رائعتها العالمية (الشعور والإحساس - Sense and Sensibility).

- حطم الـ (لوديتيز - Luddities)[1] مكائن أحد مصانع النسيج في منطقة شمال إنكلترا.

- نشر الدكتور وعالم التشريح الأسكتلندي السر شارل بل (Charles Bell) كتابه الموسوم (آراء جديدة حول أساليب تشريح الدماغ البشري)، وطرح فيه اكتشافاته الرائدة حول فعالية الأعصاب وعلاقتها بمختلف أجزاء الدماغ.

نص القانون وشرحه:

ينص قانون (افوكادرو) الذي اكتشفه الفيزيائي [(اميديو افوكادرو - (1776-1856) Amedeo Arogadro)] في عام (1811) وسمي باسمه؛ **على احتواء الاحجام المتساوية من**

(1) The Luddite(s) - حركة اجتماعية نقابية ضمت عمال النسيج البريطانيين وكافة الحرفيين الآخرين، نشطت في أوائل القرن التاسع عشر واشتهر عنها كثرة إضراباتها واعتراضاتها على أساليب العمل وتدني الأجور، كما اشتهرت بتحطيم المكائن والأنوال الأوتوماتيكية التي جلبتها الثورة الصناعية خوفا من سلبها لوظائفهم ودفعها إياهم إلى أحضان البطالة أو إلى مآسي تغيير أساليب حياتهم، وربما دفعتهم إلى أحضان الفقر دفعا. (المترجم).

الغازات الموجودة تحت عين ظروف الحرارة ومناسيب الضغط على ذات العدد من الجزيئات، بغض النظر عن طبيعتها أو أنواعها. يكتب قانون افوكادرو ببساطه على الشكل التالي:

$$N_1 = N_2,$$

حيث يمثل N1 – عدد الجزيئات الموجودة في أحد الغازات.

ويمثل N2 – عدد الجزيئات الموجودة في الغاز الثاني.

يفترض هذا القانون اعتبار الغازات المعنية غازات (مثالية) أو شبه مثالية في تصرفها، الافتراض الذي يصح عمليا على أغلب الغازات المعروفة في درجات حرارة الغرفة الاعتيادية (20–25 درجة مئوية) وظروف ضغط مساوية أو أقل بمرات قليلة عن الضغط الجوي الطبيعي عند مستوى سطح البحر.

وهناك صيغة مغايرة للقانون تؤدي نفس غرضه وقد أُسندت إلى (افوكادرو) أيضا؛ تنص على **تناسب أحجام كافة الغازات طرديا مع أعداد جزيئاتها.** ويمكن التعبير عن هذه الصيغة الثانية كما يلي:

$$V = a X N$$

حيث يمثل a – ثابت التناسب و V – حجم الغاز المعين و N – عدد جزيئاته

ساند العديد من العلماء المعاصرين (لأفوكادرو) أفكاره، واعتقدوا بصحتها وصحة تناسبها، إلا أنه فاقهم بخطوات جرأته وبعد نظره حين عرّف (الجزيئة) كأصغر وحدة بناء تحمل كافة الصفات الفيزيائية لأي مادة، وأنها قد تتألف وتحتوي على ذرة واحدة أو عدة ذرات متحدة مع بعضها وضرب مثلا بتكون جزيئة الماء من ذرتي هيدروجين مرتبطتين بذرة أكسجين واحدة.

لعل من أهم التعابير الكيميائية التي لا غنى لحقل الكيمياء الفيزيائية عنها هو ما ارتبط باسم عالمنا الكبير (افوكادرو) وسمي (بعدد افوكادرو –Avogadro Number)، يُعرف عدد افوكادرو بأنه عدد ذرات العنصر الموجودة في وزن عياري واحد من ذلك العنصر. ويبلغ ما مقداره [($6.0221367 X 10^{23}$ (العدد مضروباً بعشرة مرفوعه إلى الأس الثالث والعشرين)] من الذرات حصرا. ويُعرّف اليوم بأنه عدد ذرات عنصر الكاربون – C12 – الموجودة في (12 غراما) بالضبط

مـن ذلك العنصر الحر. كمـا ويُعرف أيضا بأنه ذلك المقدار المحدد مـن أي عنصر أو مركب والذي يحـوي علـى ما يسـاوي وزنه الذري من غرامـات تلك المادة حصـرا، وعليه فإن الـوزن العياري لعنصـر النيكل والـذي يبلغ وزنه الذري (58.6934) لابد أن يكـون – وحسب تعريفنا السابق – (58.6934) غراما منه بالضبط. ومن الجدير بالإشارة هنا إلى أن عدد الجزيئات أو الذرات الموجودة في وزن عيـاري واحد من أي مركب أو عنصر وهـو العدد المعروف اليوم (بعدد افوكادرو) تمجيدا لإسهاماتـه الكبيرة في صياغة نظريـة الغازات والأوزان الجزيئة؛ لم يكتشفـه او يحدده (افوكادرو) بنفسـه أبدا!! وإنما يعود فضل حسابه وتعيينـه إلى الفيزيائي والكيميائي النمساوي [يوهان جوزف لوشمد (1821– 1895 Johann Josef Loschmidt)].

يعتـبر عـدد افوكادرو رقما هائلا – بحيـث تتضاءل هذه الكلمة نهائيـا أمامه! – لا يمكن استيعابـه ولا تصوره، ولكن كنوع من نسبية القياس لتقريب تصـوره لأذهاننا؛ دعنا نتخيل أحـد المخلوقات الفضائية العظيمة (والرقيقة) والتي قـررت إهداء الأرض كمية من حبيبات الـذرة لإسعاد أطفالهـا – أو لنقل لإزالة شبح الجوع عن المحرومـين من سكانها! – لغرض التمتع بأكلها بعد تحميصها وتحويلها إلى (فشار – أو – شامية). فلو استطعنا نشر ذلك العدد مـن حبيبـات الذرة على مساحة الولايات المتحدة الأمريكيـة – على عظمها – لغطّاها تماما وإلى ارتفاع يفوق تسعة أميال.

والآن ولإضفـاء بعض المرح وشيء مـن الإثارة إلى (عدد افـوكادرو) دعني أُبسط أمامك تماثليـة حقيقية رغـم غرابتها؛ إن عدد افوكادرو من ذرات عنصـر الكاربون الحر ستزن (12 غرامـا) بالضبـط وهذا ما يساوي وزن قطعتين من فئة (الربـع دولار) تماما أو قطعتين من فئة (الخمسـين هللة) من العملة المعدنية السعوديـة. وإذا ما وضعت(24 كرة) صغيرة مرقمة من (1) إلى (24) في كيس صغير وبدأت بسحبها الواحدة بعد الأخرى وترتيبها ومن ثم إعادتها إلى كيسهـا وخلطهـا ثم سحبها الواحدة بعد الأخرى وترتيبها، ومـن ثم إعادتها الى كيسها وخلطهـا وسحبها مرة ثالثة الواحدة تلو الأخرى وترتيبها وهكذا... فإن احتمالية وصولك إلى السحبة (الصحيحة) التي ستتمكن معها من سحب الكرات الصغيرة المرقمة من 1 – 24

ويصدف أن يكون ترتيبها صحيحا من 1 الى 24 هو احتمال ضئيل وضئيل جدا يساوي فرصة واحدة من مجموع عدد هائل من المحاولات يساوي (عدد افوكادرو) منها تقريبا!!!.

تعود مناسبة طرح (افوكادرو) لقانونه المعروف الآن باسمه إلى عام (1811) حينما كان أستاذا للفيزياء في جامعة (تورين Turin)، علما بانه لم يُتقبل ويُستعمل على نطاق واسع وبسهولة حتى عام (1858) عندما جاء الكيميائي الايطالي [ستانيسلو كانيزارو Stanislao Cannizzaro (1826-1910)] بالعديد من القرائن واشتهر بالكثير من الأدلة الداعمة له. وما حققه (كانيزارو) في ذاك المجال كان توصله إلى إيجاد نظام متماسك محكم من الأوزان الذرية للعناصر وبعض المركبات استنادا إلى (عدد افوكادرو)، كما تمكن من إثبات حقيقة التوصل إلى إيجاد الأوزان الجزئية للغازات بتعيين وزن (22.4 لترا) من أي غاز مطلوب.

لم يكن متوفرا لدى العلماء والكيميائيين في الوقت الذي نشر (افوكادرو) أعماله وقُبل قانونه إلا غازات قليلة جدا هي: الهيدروجين والأوكسجين والنتروجين والكلورين والتي لم يُكتشف غيرها لحد ذاك الزمان، وعليه لم يكن لدى علماء تلك الحقبة الكثير من المواد في حالتها تلك تحت ظروف الحرارة والضغط المتوفرة في أجواء المختبر لاختبار قانون (افوكادرو) عليها.

للفضوليين فقط:

• نجت مقبرة (آل افوكادرو) وشواهدها - والموجودة في مدينة كيوارنكرا (Quarengra) في إيطاليا - من التدمير الهائل الذي ألحقه بسواها فيضان عام (1969) العظيم! ويمكنك اليوم زيارة قبره في تلك المنطقة بسهولة.

• تم حساب الحجم النسبي للرقم المساوي (لعدد افوكادرو) من علب المياه الغازية، فوجد إمكانية ذلك العدد الهائل منها على تغطية مساحة الكرة الأرضية قاطبة عدد مرات بحيث إذا رصّت طبقة فوق طبقة وباعتبار ارتفاع العلبة المقارب لأحد عشر سنتيمترا لغرقت الأرض بكاملها في بحر سحيق من العلب المعدنية يبلغ عمقه 200 ميل.

• أُطلق اسم (عدد افوكادرو) على عدد من المطاعم الشعبية في منطقة فورت كولنز (Fort Collins) في كولورادو، حيث تستطيع الاستمتاع بوجباتك المفضلة على أنغام الموسيقى.

• اتخـذت إحـدى فرق الموسيقى الصاخبـة (فولك – روك) المعروفـة في منطقة وادي سسكويهانا (Susquehanna) في بنسلفانيا من (عدد افوكادرو) اسما لها كذلك.

أقوال مأثورة:

– «لعـل البساطة والوضـوح اللذين اتسمت بهما نظريتي التي تقدمت بها لتفسير العلاقة بين أحجام الغازات المتفاعلة والناتجة، من قوة الحبك ومتانة البناء ما يستحيل على غيرها أداء دورها سواء بنفس كفاءتها أو أدق منها».

افوكادرو

Amedeo Avogadro، (Essay on a Manner of Determing the Relative Masses of the Elementary Molecules of Bodies، and the Properties in Which They Enter into These Compounds)،1811.

مقتطف من مقالة له منشورة في ذلك العام.

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولـد الفيزيائـي والكيميائـي الايطالـي [اميديـو افوكادرو (1856–1776) Amedeo Avogadro] الـذي اشتهـر بدراساتـه المستفيضـة عن الغـازات، في مدينة تـورن (Turin) الإيطاليـة. ذاع صيـت والده واشتهـر كمحام بـارع في مدينة بيدمونت (Piedmont)، حتـى انتُخب عمدةً لها. ظل العمدة وفيا لمهنته يدعو ابنه إلى اتخاذها مثله كمصـدر رزق له، حتى تمكن من إقناعه فدرس الابـن القانون حتى تحصل في عام (1769) على شهادة الدكتوراه في القانون الكنسي (Ecclesiastical Law) وشرع في ممارسة المهنة بنجاح. ولم تُتح له مهنة المحاماة إلا النزر القليل من وقت الفراغ، استغلها (افوكادرو) لدراسة الفيزياء والرياضيات بصورة خاصة فأحبهما، وواظب على النهل من معينهما والاستزادة من

فيضهما حتى تمكن من العلوم الطبيعية تمكنه من نصوص القانون وعلوم القضاء. تقدم في عام (1809) للعمل كأستاذ للفلسفة الطبيعية في كلية (فرسيلي – Vercelli) فقُبل فيها وبرع في تدريس مادته، وتتدرج في ترقيته صعودا فيها حتى تسنم في عام (1820) منصب (الأستاذ الأول) في الفيزياء الرياضية في جامعة (تورن – Turin).

لا يُعرف الكثير عن حياته الشخصية سوى أنه قد تزوج ورُزق بعدة أطفال. وصف (ماريو مورسيلي – Mario Morselli) مؤلف كتاب (السيرة الذاتية العلمية لاميديو افوكادرو) تلك الفترة من حياته قائلا:

((لقد شابه افوكادرو نظراءه ومعاصريه في استمتاعه بالجو الهادئ للحياة الأسرية السعيدة، بمعية زوجته وأطفاله السبعة مفضلا الصفاء والانسجام العائلي على صخب الحياة الاجتماعية مع الأصحاب والأخلاء، فكثيراً ما كان يستمتع بقراءة الشعر بعدة لغات على مسامع أولاده وتشجيعهم على قراءته وفهمه والتمتع به، هذا بالإضافة إلى إشرافه على (صحيفة الأسرة)، ذلك العمل التطوعي الجليل الجميل الذي قصد من ورائه جمع أخبار عائلته فيه وسرد طريف ما يستجد في حياتهم اليومية إدامة للصلة وتقوية للأواصر)).

لقد امتاز (افوكادرو) بتواضعه خلال حياته وخجله في تعاملاته وانطوائه في نشاطاته الأمر الذي لم يجعله عالما ذائع الصيت خارج حدود بلدته وبلده، فلم تبلغ شهرته الآفاق يوما. عُرف عنه عزلته ورغبته في البحث وحيدا وفي الدراسة منفردا. لم يتعرف العالم والمجتمع العلمي عليه لاحقا إلا حينما شرع بنشر أبحاثه لأول مرة في حقل الكهربائية والألواح المشحونة، وقد كان ذلك قبل اشتهاره بدراساته وتجاربه في استكشاف الغازات وتوثيق صفاتها وطرق تصرفها.

يحتل (**قانون افوكادرو**) اليوم مكانة متميزة في تطبيقات الكيمياء الفيزيائية والتفاعلات الكيميائية اللاعضوية (وحتى العضوية التي لم تكن معروفة جيدا آنذاك) وذلك بالنظر لأهمية النتائج والاستنتاجات والأسس التي تستند إليه ويمكن اشتقاقها منه، فعلى سبيل المثال يمكننا استنتاج النسبة بين كثافة أي غازين مختلفين، كما بإمكاننا معرفة أوزانهما الجزيئية النسبية على التوالي في نفس ظروف الحرارة والضغط. أضف إلى ما سبق تمكن (افوكادرو) كذلك من التوصل إلى الافتراضية

– التــي أُثبتت صحتها فيمــا بعد – القائلة بضرورة وجود بعض الغــازات في الحالة الجزيئية لثبات استقرارها الكيميائي، كأن تتحد ذرتا غاز لتكوين جزيئة له كما في حالة غازات النتروجين (N_2) والاوكسجين (O_2) والهيدروجين (H_2)، كما تظهر صيغتها اليوم في كتب الكيمياء الحديثة.

وفي عــام (1811) تمكن عالمنا من وضع الصيغة الكيميائية الصحيحة لثاني اوكسيد الكربون (CO_2) وثــاني اوكسيد الكبريت (SO_2) وكبريتيــد الهيدروجين (H_2S)، وبعد مرور عقد علــى ذلك التاريــخ توصل إلى كتابة النســب الصحيحة التي تربــط ذرات العديد من المركبات العضوية كالتربنتين[1] والايثر[2]، كما استطاع تعيين الأوزان الذرية الصحيحة للعديد من العناصر كالزئبــق (Hg) والحديد (Fe) والفضة (Ag) والرصاص (Pb) والنحاس (Cu) والكالسيوم (Ca). ووضــع نظريته – التي أثبتت صحتها فيما بعد أيضاً – بأن معدل المسافات الفاصلة بين جزيئات كل الغازات لابد وأن تكون واحدة ثابتة للجميع تحت نفس ظروف الحرارة والضغط.

وضــع (آرون ايد – Aaron Ihde) يده بدقة ولخص مفاتيح وأسس قانون افوكادرو في كتابه (تطور الكيمياء الحديثة) حين قال:

((نشر افوكادرو – وبكل إقدام وثقة – في عام (1811) ورقة بحثه المستندة إلى قانون (كاي – لوســاك) – ونظريــة (دالتن) الذرية... وقد افترض فيها تســاوي عدد ذرات كافة العناصر الغازية المحتواة فـي ذات الحجم وتحت عين الظروف التجريبية أو العملية من ضغط وحرارة، كما افترض اتحاد وتواجد ذرات تلك العناصر على شكل جزيئات اتحــدت أكثر من ذرة منها في كيانها لتكوينها، كما أجـرى التجارب وتمكن من إثبات كيفية استخدام نظرية الأحجام الغازية المتفاعلة لإنتاج أحجام الغازات المتحدة وكتابة صــيغها الكيـماوية الصــحيحة. ولعلك تســتغرب وتحتار لرفض علمــاء ذلك الزمان واستهجان كيميائييهم للنظريات ولكل ما توصل إليه ونشره (افوكادرو) رغم صلابة منطقه وقوة حجته فيما ساقه وافترضه)).

(1) Turpentine – مذيب عضوي يستعمل في صناعة وتخفيف الأصباغ والأصماغ صيغته الكيميائية هي ($C_{10}H_{16}$).
(2) Ether – غاز استعمل كغاز للتخدير سابقاً. صيغته الكيميائية هي ($CH_3 - CH_2 - O - CH_2 - CH_3$). (المترجم).

لقد رفض الكيميائي الإنكليزي المرموق [جون دالـتن (John Datton (1766–1944] (نظرية افوكادرو) رفضا قاطعا وأعلن احتقاره لكافة أعماله (لعدم علميتها!!). وقد يعود سبب كل ذلك – جزئيا على الأقل – إلى رفض (دالتن) لقانون أحجام الغازات المتحدة الذي جاء به (كاي – لوساك) اصلا، أما (ايد) فاعتقد بأن السبب الأساسي لكل الثورة التي أثارها (افوكادرو) بأعماله ومجابهتـه بكل ذلك الرفض والاستهجان من قبل المجتمع العلمي آنذاك، يعود وبلا أدنى شك إلى ثوريـة وجذرية وحداثة الآراء التـي جاء بها والتي كانت وبلاشك أيضـا تمتاز بحداثة لم تتحملها عقول ذلك الزمان. ومن الجدير بالإشارة أيضا وضمن هذا السياق بأن الكثير من كيميائيي وعلماء ذلك العصر لم يتوانوا حتى على رفض مفهوم (دالتن) للبناء الذري للعناصر، فقرروا مقاطعته.

لم يكـن (افوكادرو) السبّاق الحقيقي لكل تلك المفاهيم المستحدثة، فلقد توصل إليها غيره مـن قبل، إلا إن اصطدام تلك المفاهيم و/أو القوانين بصخرة الرفض التقليدي آل الى نسيانها ورفضها من جهة، إضافة إلى افتقار غالبيتها العظمى للشمولية وقابلية التطبيق التام على كامل حقول الكيمياء المعروفة آنذاك من جهة أخرى. ولكن ما استحق الإعجاب والاحترام حقا مما جاء به (افوكادرو)، كان نجاح قانونه في المقارنة بين كتل أحجام متساوية من غازات متغايرة تحت عين ظروف الضغط والحرارة، ونجاحه بقياس وتحديد النسب بين أوزان الغازات، وهذا ما مهد فعلا للتقدم والنجاح الذي أنجز في قياس وتحديد الأوزان الذرية لها.

لقد ظل العديد من رواد العلم ومؤرخيه في حيرة – ولفترات طويلة من الزمن – يتساءلون عن سبب انصرام كل تلك السنين الطويلة قبل أن يلتفت القدر إلى ما أنجزه (افوكادرو) ويعي معاصـروه أهمية قانونه المبـدع ويعترفوا به ويكيلوا الاحترام لواضعـه. (ما ضاع حق وراءه مطالـب) و (إنه لم يكن ما قيل وإنما كيف ومتـى قيل) امثلة لم تضرب من فراغ، وقد نجد فيها (بعض التفسير) أو قليلا من (شفاء العليل) للكثير من علامات الاستفهام التي صاحبت إغفال حق (افوكادرو) وإجحاف ما استحق من احترام وتبجيل.

يُرجع أغلب المؤرخين والمهتمين سبب كل ما سبق لثلاثية حاكتها الظروف حوله؛ أولها انعزاله وانزواؤه في بقعة من العالم لم يكن لها ذاك الباع الطويل في العلم ولا تلك الهالة البراقة من نوره،

فمـن المعلوم – في ذلك الوقـت – أن نقاط العلم الساخنة البراقـة في أوربا كانت متموضعة في كل مـن فرنسا وبريطانيا وألمانيا، أما إيطاليـا وفي مدينة (تورن) على وجه التحديد، مكان نشوء وترعرع عبقرية (افوكادرو)، فكانت بعيدة عن ساطع الأضواء، مغمورة في لجج النسيان، أضف إلى ذلك تواضع (صاحبنا) وخجله الجم وتردده الشديد الذي أحكم طوق الحصار الفكري عليه وأبعده عن منابع ومجاري العلم والشهرة والتي كثير ما تحتاج إلى من يُعلي صوته – بالحق – فيها ويفتـل ساعده لمقاومـة تياراتها ويتصدى بحزم لمناوئيه فيها. هذا وقـد أكمل (افوكادرو) بنفسه طوق حصاره عليها وغلّق على ذاته بيديه ضلع الثلاثية الثالث بتقاعسه – أو عدم إمكانيته إن صح التعبـير – على تقديم الدلائل المهمة والقرائن الثابتة لإسناد ما ذهب إليه قانونه، فلم تكن هناك لا تجربة أجريت ولا معادلة رياضية صيغت. ومما زاد طين مشكلته بلة هو استغراب معاصريه إقدامه علـى تصـور، فضلا عن ادعاء صحة إمكانية التصاق ذرتـي أي عنصر مع بعضهما وتحولهما إلى وحدة واحدة (جزيئة) جديدة، وكلاهما تحمل عين الشحنة وذات العلامة... ولا تتنافران!؟

كان في تظافر ذاك المروق الفكري عما هو متعارف عليه مع تلك الهرطقة العلمية بالمفهوم السائد آنذاك، القشة التي قصمت ظهر بعير قانونه فووري النسيان ولُفّ بالإهمال ووصم بالاستصغار.

وأخيراً فقد طويت صحف (افوكادرو) وأودع جثمانه الثرى في عام (1856)، وأَبن محررو مجلة (الكيمياء الجديـدة – Nuovo Cimento) فقيدهم دون أن يغفلوا الإطالة والتفصيل في ذكـر (بساطتـه) التي بلغت حد الكسـل والتقاعس و (خجله وتواضعـه) اللذين بلغا حد السلبية وشيئاً من انعدام المبادرة!!. كتب (مورسيلي – Morselli) معلقا على خطاب تأبينه:

((لم يكـن كاتبـوه قادريـن على إغفال العديـد من إنجازاته الفـذة وإضـافاته إلى دنيا العلوم التي شـملـت دراسـة الأحجـام الذرية وعلاقاتها بالألفـة الكيميائية (Chemical Affinity) ما بين العناصر وتأثير ذلك على المتواليات الكهروكيميائية، إضافة إلى جهوده وبحوثه المشتركة في ذلك الحقل مع (ميشيلوتي – Michelotti) وتأثير ذلك على مسار وتطور النظرية الكيميائية التي سـاعدت بدورها على ابتـكار البطارية الكهربائية المعروفة (بالبطارية الفولتائية) نسبة إلى العالم فولتا... ولكن ذلك التأبين – وذكر المفاضل والمثالب –

كان قد أغفل عن قصد أو عن غير قصد فضله في تعميمه حول الغازات، تلك النظرية فائقة الأهمية والتي أطلقها (افوكادرو) في عام (1811) ولم تجد من يعير لها أية أهمية في إيطاليا حتى أذن فجر العام (1860) بالاطلاع عليها وعلى سائر العالم العلمي المتحضر آنذاك، فأعيد لها شيء من الحق الذي سُلب منها وكرمت بالاحترام الذي تستحقه.)).

لا تزال شواهد عائلة (افوكاردو) تنتصب مؤزرة بدروع الحرب وأسلحة القتال التي خاض أجداده غمارها شاخصة في مقبرة العائلة - التي أضيف إليها جثامين كل من (افوكادرو) نفسه وزوجته (فليسيتا - Felicita) وأولادهما - التي لم يتمكن فيضان شهر نوفمبر من عام (1969) من جرفها مع غيرها.

سميت إحدى فوهات القمر باسمه تخليدا لذكراه، وكان ذلك هو التكريم الذي وافقت عليه الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عام (1970).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Crosland, Maurice P., "Amedeo Avogadro," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Ihde, Aaron, *The Development of Modern Chemistry* (New York: Dover, 1964).

Morselli, Mario, *Amedeo Avogadro, a Scientific Biography* (Hingham, Mass.: Kluwer, 1984)

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• كثر النقاش وطافت على السطح كثير من الآراء القائلة بعدم مصداقية قوانين الطبيعة، لسبب بسيط ملخصه أنها بمجموعها لا تتعدى كونها (ابتكارات وحلول) أوجدها العقل البشري لتفسير الكون من حوله. ولكن قد تُنسف مثل تلك الآراء بتفحص سريع للبيان العميق الذي يُبهرنا به العلم ورجاحة حُجته وذلك أولا: لقوة منطق ودقة نتائج تلك القوانين في حل معضلات استحال حلها بغيرها من الطرق، إضافة إلى نجاحها بالقيام بالعديد من التوقعات التي أثبتت التجارب صحتها وساندت الحسابات دقتها أولاً... وثانيا لحقيقة قابلية القوانين الجديدة الاستشرافية للتنبؤ بأحداث وظواهر لم تكن

لتعرف لولاها ولتوقعات لم تكن لتخطر على بال قبلها، ولكن أثبتت التجارب العملية صحتها.

- تعريف وشرح (القانون الفيزيائي - Physical Law)، Wikipedia نقلا عن ويكيبيديا.

• لعل كومة الحجارة المرصوصة عاليا ستفقد توصيفنا لها (ككومة) حجارة في اللحظة التي نتأملها بصبر ودقة وأناة وقد استحضرنا صورة معبد عظيم قديم في أذهاننا.

القديس اكسوبري

Antony de Saint-Exupery، Flight to Arras

مقتطف من قوله في كتاب (السمو إلى جبال الأراس)[1].

• يدعي البعض بأننا عاجزون حقا عن إدراك المغزى الفعلي وراء وجود القوانين في الكون؛ وعليه لابد أن تكون قد وجدت من قبل الله (عز وجل)... ولكن هذه المقولة تتناسى الحقيقة المنطقية الأزلية الأولى وهي أنه لولا تلك القوانين لما كان هناك كون أصلا. فضلاً عن الحقيقة الأخرى التي تقول - حتى ولو تمادينا قليلا - إنه بلا هذه القوانين ما كان لنا نحن أيضا أن نوجد. ولكن كلا الادعائين: الأول القائل بعجزه عن فهم سبب وجود الكون والثاني المنادي بالحقيقة المنطقية التي تدّعي ضرورة وجود القوانين لوجوده، يتناسيان ويغفلان ما توصلت إليه دراسات وفلسفة اللحظة الأولى بعد الانفجار العظيم والقائلة بحاجة الكون لخالق وهو الذي بدأه، فلما تجسد احتاج لهنيهات قليلة للملمة قوانينه التي تصرف بموجبها في ما بعد ذلك.

هوسكن

Ben Hoskin، (God of the Gaps)، Letter to (New Scientist)، March 24، 2007.

مقتطف من مقالة له بعنوان (ذُرى الشك).

• لعل في التحديد الفعلي (لعدد افوكادرو) وإطلاق اسمه عليه تطبيقاً رائعاً لموضوعه (لوشمدت- Loschmidt)[2] (The Zeroth Theorem، Or The Null Hypothesis التي

(1) Arras - منطقة جبلية كان لها أهمية دينية وروحية سابقاً تقع في شمال فرنسا. (المترجم)

(2) Loschmidt - هو [يوهان جوزف لوشمدت (1895-1821) Johann Joseph Loschmidt)] ←

تسمى بالنظرية الصفرية والتي تنص على أن كافة النظريات والقوانين والاكتشافات التي تحمل أو توصف أو توسم باسم صاحبها أو مكتشفها أو واضعها لابد أن تكون قد اكتشفت ووضعت من قبل شخص أو أشخاص غيره قبله. ومن المفيد أن نعلم أن الأمثلة على مصداقية هذه النظرية أكثر من أن تعد وأعظم من أن تحصى فخذ على سبيل المثال [داله (ديراك – Dirac) الدلتويه][1] وهي مفارقة رياضية ابتكرها [اوليفر هفي سايد – Oliver Heavyside (1850–1925)] 30ثلاثون سنة قبل ميلاد (ديراك) الذي حملت اسمه... [ومتناقضة (اولبر – Olber)] التي تنص على ظهور السماء التي نراها مظلمة في الليل رغم الحقيقة القائلة بأن عدد النجوم في كون لا نهائي لابد وأن يكون لا نهائيا قادرا على ملء كل صفحة السماء، وعليه يجب أن تُرى ليلا وهي مضيئة!! ولكن الحال ليس كذلك، ناقش العالم الفلكي الألماني [هنريخ اولبر (Heinrich Olber (1758–1840] تلك المتناقضة وأثبتها باسمه ولكنها بالحقيقة كانت معروفة (ليوهانز كبلر – Johanne Kepler) الذي سبقه بطرحها بـ 200 سنة.

(النظرية الصفرية) مقالة بلا توقيع
(The Zeroth Theorem)، New Scientist، (Unsigned Article)

عالم نمساوي مرموق أنجز الكثير في حقول الكيمياء والفيزياء (وعلى الأخص في الديناميكا الحرارية والبصريات والديناميكية الكهربائية) وفي دراسة البلورات. كان صديقاً لـ (بولتزمن) – راجع مدخله في هذا الكتاب – وله ثابت معروف باسمه يتعلق بتحديد عدد الذرات الموجودة في سنتمتر واحد من المادة، وتساوي (26.9) مليون مليون مليون وحدة. (المترجم).

(1) Dirac Delta Function – وهي دالة تقدم بها العالم الفيزيائي النظري الإنكليزي [بول ادريان مايوريس ديراك Paul Adrien Maurice Dirac (1984–1902)] تمثل نقطة نهاية عظمى (قمة) مدببة جدا تحصر تحت منحناها وحدة المساحة. أي هي الدالة f(x) والتي تتخذ القيمة الصفرية في كل مكان عدا نقطة (x = o) حيث تصبح قيمتها من العظم بحيث تساوي القيمة العددية (1)، ويمكن اعتبارها كمنحنى انتشار (Distribution) أو كقياس (Measure) – المترجم.

قانون بروستر لاستقطاب الضوء

BREWSTER'S LAW OF LIGHT POLARIZATIC

إسكوتلاندا، 1815:

تبلغ كمية الضوء المستقطب بعد انعكاسه عن سطح شفاف نهايته العظمى حينما يتعامد خطا مسار الشعاعين المنكسر فيه والمنعكس عنه.

محاور ذات علاقة:

قانون سنيل (SNELL'S LAW)، و قانون وليم لورنس براغ (WILLIAMLAWRECEBRAGG))

من أحداث عام 1815:

- أنشئ أول مصنع تجاري لإنتاج الجبن في سويسرا.
- نُفي (نابليون بونابرت) إلى جزيرة كورسيكا وعاد (لويس الثامن عشر) إلى العاصمة الفرنسية باريس.
- أعلنت البرازيل نفسها مملكة كاملة السيادة والتصرف والحدود أسوة بمملكة البرتغال.

نص القانون وشرحه:

الضوء ظاهرة فيزيائية طبيعية تتصرف علميا بطريقتين، حسب النظرية النسبية لأينشتين وحسب النظرية الكمية لبلانك في ذات الوقت فالضوء عبارة عن كميمات صغيرة جدا من الطاقة تنتقل بسرعة الضوء مفردها (الكميم أو Quanta)، وحسب (نظرية هيزبنرك) الموجية فالضوء موجة مركبة تنطلق أيضا بسرعة الضوء ولها مكون أو حقل كهربائي متعامد مع مكونها الثاني وهو حقل مغناطيسي، والاثنان متعامدان على اتجاه حركتهما وكلا القيمتين المتجهتين تتذبذبان بكافة الاتجاهات (أي يمسحان سطح قطاع دائري عمودي على اتجاه مساريهما دائما وفي كل الأوقات). يمكن ولأغراض تجريبية أو صناعية تحديد حقل ذبذبة

المجال الكهربائي لموجة شعاع الضوء (استقطابه) وذلك باستخدام مستوى استقطابه ووضعه في مســار ذلك الشعاع. ولتحقيق ذلك يمكننا – مثــلا – تمرير حزمه من الضوء خلال بلورة تسمى (بالبلورة – الثنائية Dichroic – الموجهة)[1] تثبت في غشاء بلاستيكي بحيث يمكنها امتصاص أحد اتجاهي حقل الضوء الكهربائي بصورة شبه كاملة في حين يمكن أن يمر اتجاه حقــل الضوء العمودي على الحقل الأول (الممتص كليــا) بدون أن يتأثر وبصورة شبه كاملة. (وبتعبــير فيزيائي أعم فإن الصفة الثنائيــة (Dichroism) لأي مادة تعني قابليتها لإخضاع الموجات الضوئية مختلفة الاستقطاب لحالات امتصاص مختلفة عند مرورها خلالها.

هناك طريقة أخرى للحصول على الضوء مستوى الاستقطاب وذلك بانعكاسة من منطقة السطح الفاصــل بين وسطين كأن يكونا الهواء والزجــاج، حينها سيكون الحقل الكهربائي (للضــوء) والموازي للسطح العاكــس أكثر مكوناته انعكاسا. وفي حالــة واحدة وعند زاوية سقــوط محــددة، سينطبق خطا سير الجزء المنعكــس عن السطح – وهو جــزء الضوء المتكون بأكمله من الحقل الكهربائي الموازي تماما للسطح العاكس مع خط الجزء المنكسر عن السطح الفاصــل بين الوسطين. وستسمــى الزاوية المحصورة بين مساري الجــزء المنعكس والمنكسر بزاوية بروستر (Brewster Angle) حينما يتعامد المساران.

وبإمكاننا إيجاد (زاوية بروستر) عن طريق المعادلة التالية:

$$\theta_B = \arctan\left(\frac{n_2}{n_1}\right).$$

حينمــا يمثل كل من (n_1) و (n_2) معاملي انكســار الوسطين على التوالي. (انظر مدخل – قانــون سنيل لانكسار الضوء – في الجــزء الأول من هذا الكتاب، حيث ستجد تفسيرا أوفى لمعنى الانكسار، والذي يعني باختصار مقدار حيود شعاع الضوء عن مساره المفترض نتيجة لمروره من وسط مادي إلى وسط مادي آخر مغاير).

(1) Dichroism– للكلمة معنين مختلفين ولكن مترابطين في علم البصريات فهي تعني أولا: مادة لها قابلية فصل الضوء الأبيض إلى عــدة ألــوان تختلف بطولها الموجي. وثانيا: مادة لها قابلية امتصــاص شــدات مختلفة من حزمة ضوء تحتوي على موجات ضوئية مختلفة الاستقطاب. المترجم.

وكمثال عملي لما سبق؛ خذ شعاع الشمس الساقط على زجاجة، فمعامل انكسار الضوء للزجاج هو ($n = 1.5$) ومعامل انكسار الضوء للهواء هو ($n = 1$ تقريبا). وعليه ستكون (زاوية بروستر) للضوء المرئي حوالي (56 درجة) مقاسة من الخط العمودي الخيالي المُسقط على سطح الزجاجة. ولكن بما إن معامل انكسار الضوء لأي وسط يعتمد على الطول الموجي للضوء الساقط، فإن (زاوية بروستر) لابد وأن تتغير بتغير الطول الموجي له، هذا يدفعنا إلى الاستنتاج – بديهيا – بأن شعاع الضوء الأبيض الاعتيادي – والذي يتكون أصلا من عدة ألوان بأطوال موجية متباينة، لابد وأن يكوّن أكثر من زاوية استقطاب واحدة (لأن لكل لون طوله الموجي الخاص به وزاوية استقطابه التي تميزه) وسيكون استنتاجنا – بناء على ذلك – بأن زاوية استقطاب الضوء المذكورة سابقا بقيمة (56 درجة) ما هي إلا مجرد تقريب. وسنكون مصيبين في ذلك!

بما إن غالبية التجارب المجراة على استقطاب الضوء تبتدئ بشعاع ضوء مار في الهواء فلقد اصطلح على اعتبار (n_1) وهو معامل انكسار الضوء في الهواء مساويا للرقم (1). وعليه ستختصر المعادلة السابقة إلى القيمة التالية:

$$\boxed{\tan \theta_B = n_2}$$

وكمثال آخر بإمكاننا إيجاد قيمة (زاوية بروستر) لأشعة ضوء الشمس المنعكسة من على سطح حمام السباحة الحاوي على معامل انكسار مقداره (1.33) باستعمال (قانون بروستر) المذكور لنحصل على ظل $\theta_B = 1.33$ وعليه ستكون زاوية استقطاب الضوء المنعكس من على سطحه مساوية (لـ 53.1) درجة.

ولعل في النظرية الفوتونية للضوء توضيحا مبسطا ونافعا جدا لمفهوم الضوء المستقطب والذي يمكننا من إدراك وتفهم ظاهرة استقطاب الضوء بوضوح. بالمفهوم الفوتوني (الكُميمي للضوء) فإن لكل فوتون عنصران يكونانه؛ هما الحقلان الكهربائي والمغناطيسي واللذان يتذبذبان بتعامد أحدهما على الآخر وبتعامدهما سوية على خط مسار شعاع الضوء. ولكن للفوتون خاصية دوران مستمرة وبكميات متغايرة حول محور مسار حركته نسبة لغيره من الفوتونات المصاحبة له. فإذا فهمنا نموذجنا المبسط آنف الذكر استطعنا أن نقول إن كافة

فوتونات الضوء الاعتيادي (غير المستقطب) هي في حركة عشوائية كاملة وباتجاهات دورانية متباينة بعضها نسبة لبعض، أما الضوء المستقطب فهو الذي يتم الحصول عليه بعد إمرار حزمة الضوء السابقـة (بفوتوناتها العشوائية الدوران) خلال مرشـح الاستقطاب والذي سيسمح فقـط بمرور الفوتونات المتناظرة والمتماثلة في حركـة دوران حقليها الكهربائي والمغناطيسي المتعامدان مع بعضهما ومع خط مسارهما.

من الجدير بنا هنا وقبل استطرادنا في شرح (ظاهرة الاستقطاب) أن نذكر بأن كامل طيف الأشعة الكهرومغناطيسية وجزئها المعروف لدينا تحت اسم (الضوء المرئي) له صفتان، الأولى وهي شدته (Amplitude) والتـي تفسرها العين البشرية على شكل شدة لمعان أو وهج (Brightness)، وقيمـة تذبـذب (Frequency) أو طـول موجي (Wave Length)، تفسـره العين البشرية كلون من الألوان. وفي الحقيقة فإن ظاهرة الاستقطاب الضوئي (أو زاوية التردد – كما يمكن أن نسميها) ليست بالحالة المحسوسة لدى البشر فلا يمكن لأعيننا التحسس بها أو يمكنها ذلك ولكن بدرجات متدنية جدا. ولكن على أية حال هناك بعض التجارب أو الحالات التي يمكنها – بطريقة غير مباشرة – إثبات وجود الضوء المستقطب لنا. وعلى سبيل المثال فإن كافة الأشعة المنعكسة إلى أعيننا من على سطح صقيل لماع هي أشعة ضوء مستقطبة كليا أو جزئيا، ولإثبات ذلك ما عليك إلا أن تضع في طريقها إلى عينيك (مرشح استقطاب) كعدسة النظارة الشمسية ماركة (بولارويد – Polaroid) والتي تكون بطبيعتها متعامدة مع خط الشعاع المنعكس عندها سيختزل الضوء الواصل إلى عينيك بدرجة كبيرة جدا أو أنه سيختفي تماما.

يتوفـر اليـوم في الأسواق مرشح ضـوء مستقطب صناعي يسمى (البولارويد Polaroid) اخترعــه (ادون اتشـ لانــد – Edwin H، Land) في عــام (1938). يُصنــع ذلك المرشح بسحب طبقة منه باتجاه واحد بحيث تجبر الجزيئات الهيدروكربونية المكونة له على الاصطفاف باتجــاه واحد وبعد أن تعامل تلك السلاسل الهيدروكربونيــة المنتظمة بمادة اليود فإنها ستصبح موصلة للكهربائية إذا ما سُلِّط عليها الضوء بذبذبة معينة. والآن إذا ما سُلط الضوء المناسب على تلــك الشريحة (المستقطبة) بحيث يكون الحقل الكهربائي للذبذبة المناسبة – وهو قيمة متجهة

- موازيا للسلاسل الهيدروكربونية التي تؤلفها، فإن تيارا كهربائيا سيتولد على طولها - وبما إن الطاقة لا تُفنى - ولا تستحدث - فإن تحول طاقة الضوء الساقطة إلى كهربائية سيخفيها من الظهور ولن تتمكن عين المراقب خلف (المرشح المستقطب) من رؤيتها. وعلى العكس تماما إذا ما سقطت أشعة الضوء بحيث صار حقلها الكهربائي عموديا على مستوى اصطفاف جزيئات (المرشح المستقطب) فإن كامل طاقة الضوء ستمر ويتم الإحساس بها كضوء شديد مرئي.!

يحدث الاستقطاب العشوائي للضوء في الجو الأرضي بصورة مستمرة بسبب جزيئات الهواء وحبيبات الأتربة الدقيقة العالقة به ولهذا فإننا غالبا ما نرى (توهج) السماء بجانب قرص الشمس في النهار، ولذلك تظهر معظم الصور المأخوذة في نهار مشمس وكأن منظر السماء خلفها قد مُحي وظهر بلون مبيض باهت. يتلافى المصورون المحترفون هذا (التشوه) في صورهم النهارية باستعمال مرشحات الضوء المستقطبة.

تستفيد الكثير من الحيوانات في بقائها وإدامة حياتها على تمتعها بقابلية استشعارها للضوء المستقطب، فهو الذي يهدي أسراب النحل إلى الرجوع لبيوتها قبيل الغروب بعد رحلة موفقة بين زنابق الأزهار وحقول الأشجار وهو الذي يدل الحمام على طريق العودة إلى أعشاشه والطيور المهاجرة في طويل ملاحتها. لقد حبَا المولى عز وجل (سبحانه) تلك المخلوقات بقابلية استشعار الضوء المستقطب خطيا والذي له - دائما - خاصية الإشارة إلى اتجاه الشمس.

استطاع بعض الباحثين في شركة [مركز (3M) لتكنولوجيا وإنتاجيات الضوء والأفلام] في مدينة (سنت بول)، بولاية مينيسوتا الأمريكية من استحداث وبناء مواد جديدة استخدمت في صناعة نوع جديد من المرايا، قال عنها مبتكروها إنها تضع (تعميمات) قانون (بروستر) في تطبيقات عملية عامة وذلك بزيادة قابلية المرايا التي يصنعونها وفق تلك التكنولوجيا على عكس الأضواء والصور الساقطة عليها بطرق مدهشة وذلك بزيادة زاوية سقوطها عليها. ومن التطبيقات التي اقترح الباحثون استعمالها لتلك المرايا، هو استخدامها لصناعة شاشات حاسبات تكون أكثر بريقا. وبإمكانك الاطلاع على تفاصيل البحوث والأعمال التي قام بها (ميشيل ويبر - Michael Weber) وزملاؤه في المصدر الملحق بهذا المدخل في باب

(مصادر إضافية وقرارات أخرى) تحت عنوان:

[الخصائص (ثنائية الانكسار – Birefringence) العظيمة في المرايا التركيبية متعددة الطبقات]

للفضوليين فقط:

• أطلق بروستر اسم (الكاليدوسكوب – Kaleidoscope)[1] على منظاره الدوار الجميل الشكل والذي استقاه من الجذور الإغريقية (وتعني الجميل – Kalos – Beautiful) و (الشكل – Eidos – form) و (المنظار أو المشاهد – Scopos – Watcher).

• اشتهر بروستر بكونه أحد فطاحل كشف غش وخداع الفيزيائيين في تجاربهم ونظرياتهم.

• اخترع العالم البريطاني [شارل ويتستون (1802–1875) Charles Wheatstone] (المسماع الجميل – Kaleidophone) والذي اسماه تمجيداً لاسم اختراع (بروستر). تألف ذلك الابتكار من أوتار بيانو ملفوفة بأسلاك فضية أو من قضبان معدنية تصدر أصواتا ومقطوعات جميلة جداً عند وضعها بالقرب من مصدر ضوئي.

أقوال مأثورة:

• **إن في القوة الحقيقية التي تستمدها أي نظرية من قابليتها على تفسير والتنبؤ بحالات وظواهر مُثبتة لهو وبلا أدنى شك المعيار الحقيقي لصدقها وصحتها...**

بروستر

David Brewster، (Observations on the Absorption of Specific Rays، in Reference to the Undulantory Theory of Light).

مقتطف من بحثه الموسوم (ملاحظات حول امتصاص أنواع محددة من الإشعاعات اعتماداً على النظرية الموجية التماثلية للضوء.

(1) وهو عبارة عن مخروط من الورق أو الكارتون تثبت على قاعدته وسطحه الداخلي مثلثات متساوية من (المرايا) العاكسة. يوضع في داخله قطع من الحصى أو الزجاج الملون وتغلق فتحته العليا بعدسة مكبرة. تنعكس صور قطع الزجاج الملون مراراً داخله ويمكن مشاهدة أشكال متناظرة جميلة خلابة مختلفة كلما دار. (المترجم)

• لقد كان (بروستر) مؤمنا عتيدا ومدافعا صنديدا عن المذهب (البرسبايتيري – Presbyterianism)[1] البروتستانتي المسيحي والذي أيقن بوحدة الإيمان وبخطر الأفكار والمناظرات الفيزيائية على فحوى الدين وصلب هُداه، فلقد آمن (بروستر) بأن التخمين والحدس لابد وأن يحتوي على الريبة، والريبة غالبا ما تولد إما الضياع أو دكتاتورية الفكر الذاتي.

مورس

Edyar W. Morse، (David Brewster)، in Dictionary of Scientific Biography.

مقتطف من مدخله في (معجم سير العلماء الذاتية).

• إن لإلهام[2] بروستر (ويقصد بالكلمة فكرته الفذة عن الضوء المستقطب) العديد من الاستخدامات العملية والكثير من الفوائد العلمية، فلقد وجدت فكرته تطبيقاتها في ضبط الإشارات الراديوية وصناعة أنواع مبتكرة من المجاهر التي يمكنها تفحص عينات على المستوى الجزيئي، كما أنها كانت محورا لتطوير صناعات الألياف الضوئية والليزرات وفي الدراسات التعدينية وفي الرصد الفلكي.

بيكر

Cozy Baker، Kaleidoscopes، Wonders of Wonder.

مقتطف من كتاب (الكاليدوسكوب - أعجوبة الأعاجيب).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد الفيزيائي والكاتب العلمي الأسكتلندي [ديفيد بروستر **David Brewster** 1781–1868] الذي اشتهر بتجاربه الفذة حول البصريات والضوء المستقطب ولاختراعه

(1) Presbyterianism– ويعني مجموعة المذاهب التي اتبعتها الكنائس المسيحية ذات المنحى (الكالفيني – Calvinism) نسبة إلى عالم اللاهوت والمصلح الديني الفرنسي (جون كالفن – John Calvin) والذي اشتهر بكتاباته ومناقشاته الإصلاحية في القرن السادس عشر التي أدت إلى إنشاء مجموعة الكنائس الإصلاحية والذي كان هو نفسه من رواد قادتها، وتعتبر من نحل المسيحية البروتستانتية التي تؤمن بسلطة الله (جل وعلا) المطلقة على الكون وبقداسة شخص السيد المسيح (عليه السلام) وبالنصوص الحرفية للكتاب المقدس. (المترجم). انظر حاشية صفحة (568) كذلك.

(2) الكلمة في أصل النص هي (Angel). (المترجم)

المنظار الدوار (Kaleidoscope)[1]. في مدينة (جدبرك – Jedberg) في أسكو تلاندا.

لقـد هُيئ (بروستر)، ودرس علوم الدين فعلا في جامعة أدنـبرة وقد مُنح في عام (1800) درجة الماجستـير الفخريـة في الآداب وعلـوم الدين وأجيـز فعليا للخطابة والوعـظ ككاهن ضمن ملاك الكنيسة السكوتلاندية. كتب أحد زملائه وهو (جيمس هوك – James Hogg) رسالة إلى الناشر (جيمس فريزر – James Fraser) يصف فيها أول يوم اعتلى فيه (بروستر) منبر الكنيسة قائلا:

((نعم لقد أجيز بروستر للوعظ والإرشاد من على منبر الكنيسة، وفي أول يوم اعتلاه (ويا ليتـه لم يفعـل...) حدث ما لم يكن بالحسبان ونزل عنه إلى غير رجعة!! فما كاد يرتكز فوقه وما أن تفوه بأول جمله له حتى ارتعب وارتجف وأصابه من العُصاب والتردد ما فاجأ الجميع. لقد كان لوقع نغمات صوته على أذنيه وقعاً مخيفا كما كان لجمهرة العيون المتطلعة إليه والتي حدقت به تأثيرا غريبا جرده من كل شجاعته الأدبية ومقدرته الخطابية، فاقسم ألا يعود إلى مثل تلك التجربة وألا يتسلم مثل ذلك العمل ما دام حيا!! نعم لقد فُجعت الكنيسة الوطنية السكوتلاندية بفقدانه ولكن ذلك الحدث كان يوم عرس وبهجة لجمهرة العلم والعلماء فيها... فلولا رأفة القدر به وبهم... ولولا تأخر تسلم (بروستر) لدار القساوسة الخاص به لكان قد شرب مشربهم وسار بهديهم حاله حال بقية أفراد الشعب وسائر الرعية إلى المجهول...)).

لقد نما تعطش (بروستر) للعلم واهتمامه به سوية مع تبجيله للدين وللدراسات الدينية وانغماره بها، ففي عام (1799) تفتحت شهيته لإجراء التجارب العلمية وبانت بوادر عبقريته في صناعة الأجهزة العملية، ومن هنا بدأت اهتماماته بدراسة ظواهر استقطاب وانعكاس وامتصاص الضوء. لقد قضى (بروستر) جل وقته متمتعا بتصميم وصناعة الآلات والأدوات بمختلف أشكالها وأنواعها بما في ذلك صناعة الساعات الشمسية والمجاهر الضوئية والمراقب الفلكية. اعتمد دخله أساسا على قابليته الفذة في الكتابة والتحرير، فقد شارك في تحرير كل من [مجلة ادنبره Edinburgh Magazine 1802–1806] و[مجلة اسكوتلاندا Scots Magazine 1802–1806] و [موسوعة ادنبره

(1) (انظر معنى وشرح الكاليدوسكوب في أسفل صفحة (428) رجاءً.(المترجم).

(Edinburgh Encyclopedia (1807-1830]، كما ألف وحرر العديد من الكتب والمقالات. وقد شابه (بروستر) في اندفاعه وتفانيه في نشر العلوم، الفيزيائي البريطاني الشهير [وليم لورنس براك (William Lawrence Bragg (1890-1971] - انظر ذلك تحت مدخل (**قانون براك لاستطارة الضوء**) في الجزء الرابع IV من هذا الكتاب.

تزوج بروستر في عام (1810) من (جوليت مك فرسن - Juliet Mcpherson) وأنجب منها خمسة أطفال وعاش معها حياة رغيده سعيده هانئه لما ينيف عن الأربعين عاما وحتى وفاتها. ولما بلغ عامه الرابع والسبعين تزوج للمرة الثانية من (جين برنيل - Jane Purnell) والتي تمكن من إنجاب طفلة واحدة منها.

وفي عام 1815 تمكن (بروستر) من تأكيد وجود العلاقة البسيطة (كصفة للمواد العاكسة ثنائية القطبية - Dielectric Reflectors) وهي مجموعة المواد العازلة كهربائيا - كالزجاج مثلا - والتي يمكنها الاحتفاظ بالحقل الكهربائي داخلها وبمقدار تبدد يقارب القيمة الصفرية) ما بين معامل انكسار المادة لطول موجي معين من الأشعة الكهرومغناطيسية وبين زاوية الاستقطاب للشعاع المنعكس لذات الطول الموجي. ولهذه العلاقة البسيطة بين معامل انكسار المادة وزاوية استقطابها أهمية كبيرة في إيجاد معامل الانكسار حتى ولو حصلنا على كمية ضئيلة من المادة المطلوبة وذلك لحاجتنا إلى مساحة صغيرة جدا من السطح العاكس لإتمام القياس.

أما ما نعنيه بمصطلح (زاوية بروستر- Brewster Angle) أو زاوية الاستقطاب لأي مادة (ثنائية القطبية - Dielectric) فهي زاوية السقوط المحددة التي إذا ما اتبعتها أي موجة كهرومغناطيسية مستقطبة (كالضوء أو غيرها) بموازاة سطح السقوط فسيتم بثها تماما (دون أدنى انعكاس)... وهذا يعنى أن الموجة الكهرومغناطيسية غير (المستقطبة) الساقطة على ذلك السطح وبتلك الزاوية فإنها سوف تنشطر إلى قسمين:

الأول: يُبث (Transmitted) وهو الجزء المستقطب أفقيا مع السطح.

والثاني: يُعكس (Reflected) وهو الجزء المستقطب عموديا على السطح.

نشر (بروستر) أول أبحاثه في المجلة المعروفة باسم (أطروحات جديدة حول الآلات

الفلسفية المبتكرة) والذي شرح فيه أعماله وتجاربه حول الصفات البصرية لمئات من المواد التي تمكن هو شخصيا من ابتكارها خلال دأبه المستمر لتطوير المناظير الفلكية.

انتخب في عام (1815) زميلا للجمعية الملكية وتمكن من اختراع المنظار الدوار (الكاليدوسكوب – Kaleidoscope)[1] في عام (1816). كتب (كوزي بيكر – Cozy Baker) مؤسس (جمعية المعجبين بمنظار بروستر الدوار)، ومؤلف كتاب: (المنظار الدوار: أعجوبة الأعاجيب) واصفا الهرج والصخب الذي اعقب انتشار خبر ذلك الاختراع قائلا:

((لم يسبق لأي اختراع قبل (منظار بروستر الدوار) أن آثار هذا الهرج وذلك المقدار من الهيجان والتعاطف. لقد عمت (هستريا) النظر خلاله كافة طبقات الشعب؛ الحكماء منهم والمحكومين، البلهاء منهم والمتعلمين، والمهتمين منهم وغير المهتمين حتى عم طوفانه كل زاوية وشارع وأُعجب به كل مقيم وضاعن، حتى بإمكانك تلمس البهجة والشعور بفرحة كل الناس الذين اعترفوا بل وأقسموا أنهم لم يروا في حياتهم شيئا أبهج مما رأوه ولا أداة أظرف مما صنعوه.)).

كتب المخترع الأمريكي [ادون لاند (1909–1991) Edwin Land] في دورية الجمعية الأمريكية لعلوم البصريات، واصفا ذلك الجهاز (بأنه كان عبارة عن جهاز التلفزيون لخمسينيات القرن التاسع عشر (1850s)، فلم يخل منه أي بيت محترم وغالبا ما تراه وقد تربع مكانه في صدر كل مكتبة بيته أو في مقدمة كل صالون).

وقد ذكره الدكتور [بيتر ام. روجيه (1779–1869) Dr. Peter M. Roget] عام (1818) في معجمه الشهير باسمه (ثيزورس روجيه) قائلا: [**لم يسبق أن أحدث في تاريخ البشرية أو خطر على ذهن إنسان أن صاحب أي اختراع أو فكرة أو عمل أو ابتكار ما أحدثه (منظار بروستر الدوار) من إعجاب وقبول وتأثير سواء من المنظور الأسطوري التخيلي أو من منطلق الفهم المنطقي**]. لقد بدأ ابتكار (بروستر) الأول وتصميمه الرائد بوضعه أزواجاً من المرايا المتلاصقة في نهاية طرف أنبوب ورقي، وأزواجا من القطع الزجاجية الملونة البراقة في نهاية طرفه الآخر ووضع خرزات قليلة ملونة فيما بينهما داخل الأنبوب.

(1) راجع معنى الكلمة في صفحة (428) من هذا الكتاب. (المترجم)

حصــل (بروستر) على براءة اخـتراع كاملة لما جادت به قريحته وتفتـق عنه ذهنه ولكن بسبب إهمال بسيط وغلطة عابرة في عملية تسجيل تلك البراءة، فقد كل حقوقه فيها **(فهو لم يع افتقارها لأي نص يضمن له حقوقه المادية من وراء ذلك الاختراع)**، فلما ذهب وكيله الذي اتفق معه على صناعة المناظير إلى صانعـي النظارات في لندن ليتفق معهم على أسعارها، فُشي سر الاختراع واضطرم الاهتمام به وحمي وطيس الحصول على تلك الأجهزة الأمر الذي جعل كل من رأى ذلك الاختراع أو تفحصه بغية تقديم عرض لتصنيعه سارقا لفكرته ومصنعا لنماذجه الخاصة به والتي درّت عليه شخصياً (من دون بروستر – مخترعه الأصلي) الأموال الطائلة. لقد بيعت مئات النماذج لصالح مصنعيها قبل أن يتمكـن (بروسـتر) من الحصول على قرش واحد من ورائها. ولم تمض سوى شهور قليلة إلا وقـد بيعت في بريطانيـا وفرنسـا من نماذج الكاليدوسكوب ما يقـارب الـ (200000) نموذج.

كتب (بروستر) في عام (1818) خطابا إلى زوجته، جاء فيه:

((لا يمكنـك أبدا تصـور الأثر الـذي أحدثه جهازي في لندن. إن ما حدث لم يسـبق له مثيل. لم يتمكن أي كتاب أو اختراع سابق من جذب الناس والتأثير عليهم بمثل ما فعل اختراعي الفريد. فأنت يا عزيزتي ترين الآلاف من ضعاف الحال والفقراء الذين صاروا يقتاتون من وراء صـناعة جهازي وبيعه في الأسـواق. لقد أحدث اختراعي وبساعات قليلـة من الاهتمام والمرح والتأثر والبهجـة والمال والفرح ما لم يحدثه آلاف المخترعين وآلاف الفنانين والصناع والكسبة والحرفيين في سنين عديدة.)).

وبعد الصدى الكبير والانتشار الواسع لجهازه (الكاليدوسكوب) عمد (بروستر) إلى تأليف كتاب يحمل نفس العنوان. علّـق (مارجوري سنشل – Marjorie Senechal) على الضجة والصدى الذي أحدثه كتاب (الكاليدوسكوب) ونشره في كتاب ثان أسماه (صدى الكاليدوسكوب) جاء فيه:

((لقد كان وبحق كتابا رائدا، رائعا سباقا لشرح المبادئ الرياضية لأسس (التناظر) بأسلوب علمي سلس بسيـط موجه إلى القارئ الاعتيادي ورجل الشارع البسيـط... لم يتمكن أحد

ولما ينيف على القرن بعد ذلك (ما عدا – ام. سي. ايشر – M. C. Escher)[1] من بث وتعميم ثقافة وتذوق (التناظر) لدى العامة مثل ما فعله (بروستر). لا جرم بأن ما أثاره كتابه الصغير من اهتمام وضجة كان مساويا لما أثاره جهازه ذاته من لغط وبهجة.)).

عمد (بروستر) إلى ابتكار اختراع آخر جديد أسماه (المرقاب البصري المجسم – The Lenticular Steroscope) والذي سرعان ما عم استعماله وانتشر كلعبة مسلية، ومبدأ الجهاز كان لإنتاج صورة خيالية ثلاثية الأبعاد أمكن إضافة الألوان البراقة إليها لزيادة جاذبيتها.



أم . سي . أيشر – الشلال M.C.Escher – The Water Fall

(1) Maurits Cornelis Escher (1898–1972) – فنان تشكيلي هولندي عُرف بنحوتاته وأعمال حفره على الخشب والحجر ورسومه المبتكرة بلون واحد متعدد الظلال. وأهم ما امتازت به أعماله هي رابطتها الرياضية المتقنة ورسومه ذات المجسمات المستحيلة والتي عبرت عن مواضيع معقدة ومهمة كاللانهاية (Infinity) والمعمار المستحيل (Impossible Architedurc) والتماثل (Tessellations). انظر النماذج المرفقة – (المترجم).



أم . سي . أيشر – النسبية M.C.Escher – Reletivity



أم. سي. أيشر – المحدب والمقعر M.C. Escher – Convex and Concave

عكس المرقاب البصري المجسم حقيقة ولع (بروستر) وحبه للتصوير الفوتوغرافي. أما مبدأ ذلك الجهاز فكان عبارة عن صندوق صغير مغلق يمكن فتح جوانبه لإدخال الضوء مع تثبيت عدستين قابلتين للتعديل فيه. لقد أُعجبت ملكة بريطانيا (فكتوريا – Queen Victoria) أيما إعجاب

بذلك الجهاز الجديد والذي رأته متربعاً صدر صالة العرض العظيمة في قصر البلور في عام (1851). لقد كان إعجاب الملكة وثناؤها على هذا الاختراع الجديد هي الشرارة الجديدة التي أوقدت ثورة عارمة جديدة متجددة من الحماس والإعجاب والإقبال على جهاز (بروستر) المبتكر هذا.

استمر (بروستر) في دراساته وبحوثه البصرية حتى استطاع أن يضع بصمة واضحة على تطوير مجمل نظام الفنارات البريطاني. ومع أن التاريخ يشهد لعالم البصريات وصانع العدسات المرموق [اوكستين فرسنل (1788–1827) Augusstin Fresnel] فضله في ابتكار وتطوير العدسات ثنائية البؤر والمستعملة إلى ذلك الحين فيها، إلا أن وصف (بروستر) لها وتطويره إياها خلال وبعد عام (1812)، إضافة إلى كفاحه المرير من أجل الضغط على صناع القرار في البحرية البريطانية لأجل استخدامها في الفنارات واستبدالها بالقديم من الزجاج والعدسات كان له كأس السبق لاعتباره هو شخصيا الرائد في تطوير ذلك الاستخدام. أما عدسات (بروستر) فقد امتازت بخفة وزنها رغم كبر حجمها وكان باستطاعتها توليد شعاع من الضوء يمكن رؤيته من على مسافات بعيدة جدا فاقت بمراحل المسافات التي كان يمكن أن يبلغه تميز الضوء المنبعث بواسطة عدسات (فرسنل) المستعملة في الفنارات القديمة.

لقد تعددت اهتمامات (بروستر) وتنوعت مشاربه حتى أُعجب كل العجب وانبهر أشد الانبهار بالجدل الطويل الشائك الذي كان قد برز في خلال عشرينيات القرن التاسع عشر والذي كان ملخصه يدور حول مقدار العدد الصحيح لألوان الطيف الضوئي. فلقد انبرى (اسحاق نيوتن) لاقتراح وتثبيت العدد بالرقم سبعة وتمسك بذلك، في حين اقتنع العديد من العلماء الآخرين بضرورة كون عدد ألوان الطيف أقل من ذلك وساقوا مثال تكون اللون الأصفر – وببساطة – من مزج اللونين الأحمر والأخضر برهانا لذلك. أما (بروستر) وقد تشرب بمتعة ذاك الجدال، وانغمس في خضم ذلك الحوار، فقد عمد إلى استخدام العديد من منظومات العدسات والزجاجات الماصة للألوان، وجرب الكثير من تشكيلاتها حتى توصل إلى إثبات حقيقة كون اللون الأصفر لونا مميزا قائما بذاته.

لقد امتلأت حياة (بروستر) بالإنجازات والابتكارات والشهرة والتكريم، فقد مُنح لقب (فارس)

في عـــام (1831)، وبــدأ يستثمر موهبته الفذة في التحرير فشرع يكتب السير الذاتية للعظماء من أمثال (نيوتـن- Newton) و (غاليليـو- Galilo) و (تايكوبـرا - Taikeo Brah) و (يوهانز كبلـر- Johanns Kepler)، كما كُلف، واستطـاع بالفعـل تحريـر العديد من مواضيع الموسوعـة البريطانيـة الشهيرة (The Encyclogaedia Britanica). وفي عام (1859) انتخب عميدا لجامعة أدنبره.

أمــا في عام (1854) فقد ألف كتابا مثيرا بعنوان (العــوالم الأخرى: أفكار العلماء وآمال المتدينين) ذكــر فيه إمكانية تشابه المجموعــات الشمسية الأخرى ومماثلتها لمجموعتنا من حيث وجود الأقمار والشموس والكواكب وضرورة كونها جميعا مأهولة بنوع أو بآخر من أنماط الحياة. لقد أجج كتاب (بروستر) العديد من المشاعر والأحاسيس المتضاربة؛ المؤيدة والمناهضة، وقد كان كتابا فريدا على أية حال ومما جاء فيه:

((لا يمكنك الوقوع على أية آية أو تعبير في كامل نص العهدين القديم والجديد يناقض الفكرة الأساســية العظيمة القائلة باحتمالية وجود العــوالم الأخرى في كوننا هذا الذي نعيش نحن فيه وتكون مأهولة بمثل، أو بأنواع مغايرة من الحياة أو الذكاء مهما كانت أشكالها. بل على العكس تماما أنا على يقين كامل بأن تلك الحقيقة لتطابق الحقيقة المطلقة السامية بوجود (الإله - تبارك وتعالى)، ولعل في القصــة التوراتية الجميلة والمثيرة والتي ذُكرت في الـ (بسالمست - Psalmist)[1] وأظهرت الإعجاب والدهشــة بذلك الكائن الضــعيف البسيط الذي استطاع أن يبهر (الطبيعة) بإنجازاته الخارقة وبغزوه للكواكب الأخرى وبمحاولاته للتعرف والتقرب من الشــموس البعيـدة لهو ذاته ذاك (الإنسان) الذي استطاع استثمار ما لديه من ذكاء لتغيير حاله وما حوله، أكثر من دليل إيجابي واحد على تعدد العوالم والأكوان)).

وفــي عــام (1855) احتــدم الجــدال وازداد اللغـط وعمـت الفوضى بظهـــور الوسـيط الروحــي الأسكتلانــدي الشهيـر [دانيال دنكلاس هـوم (1833-1886) Daniel Dunglas Home]

(1) Psalms - كتــاب توراتــي يحتوي على (150) قصيدة لخصت الايمان اليهودي. ألفــه العديد من الأحبار بعد غرق فرعون بزمـن، لتمجيد ممالك داود عليه السلام. وكثيراً ما كانت بعض تلك القصائد ترتل لاستلهاب عزائم الرجال عند الحروب واشتداد المعارك لما امتازت به من حماسة ووقع.- المترجم.

والـذي اشتهر عنـه امتلاكه للقدرات الخارقـة واتصاله بـالأرواح والملائكة وقابليته علـى استصدار الأصوات والإيحاءات خلال جلساته.

وقد دُعي (بروستر) للبت في شأن ذاك الوسيط الذي أقام الدنيا في زمانه ولم يقعدها، فما كان منه إلا أن كشف الحجاب عن خداعه وأماط اللثام عن شعوذته وذلك من خلال رسالة مطولة نشرهـا في صحيفة (إعلان الصباح)، والذي فنّد فيهـا كافة مزاعم (هوم) الروحانية وأضاف يقول: [**لقد رأيت من ممارسـات هذا الرجل وألاعيبه ما أقنعني بخداعه وبأن كل ما يُرى ويسـمع خلال (جلساته الروحانية المزعومة) ما هي إلا ألاعيب لا تعجز يدي الإنسان ولا قدميه على الإتيان بمثلها**].

احتدمت نار الجدال وحمي وطيس النقاش بين مصدق ومكذب حتى نُشر في ذات يوم مقالا ساخنا يُفنّد ويُهرطق ما ذهب إليه (بروستر) في ادعاءاته زور (هوم) وتفنيده (لوساطته الروحانية السامية)، فما كان من صاحبنا إلا أن رد ردا مفحما قاطعا على مناوئه وضّح فيه أنه لم يُسمح له شخصيا بالنظر تحت الطاولة التي كان يستخدمها (هوم) في جلساته، وخلافا لما آمن به كاتب المقالـة المناوئة بأن ما صدر من أصوات وما سُمع من جلبـة كان مصدرها الأرواح والملائكة، فإنه شخصيا يؤمن قطعا بأن ما حدث كان من صنع أصابع (هوم) نفسه وأفعال قدميه، وبدل أن يصدق أحد أن ارتفاع المنضدة كان بفعل الأرواح كان حري به النظر إلى الأسفل والتحري عن الخدعة التـي أحذقتها قدمي (هوم) نفسه في تحريكها، واللتين لم تكونا تتحركان خارج نطاق تلك الطاولة ولا كان (هوم) نفسه يسمح لأحد من مشاهدتهما خارجها.

اقتربت المنية من (بروستر) لما قارب عامه السابع والثمانين، فلما أصيب بداء (ذات الرئة – Pneumonia) أدرك أنه يحتضر وأن ساعته قد آنت وأن صُحُفه قد طُويت، فكتب بكل سمو الايمان وصفاء النفس يقول:

> **((نعم إني لأدرك ذلك، وأدرك اقتراب منيتي مني وأني عن قريب لمغادر. ولكن عزائي في ذلك عظيم وبشراي فيما أنا مقبل عليه عميم، فإني سـعيد لأني سـألتحق بالملكوت الأعلى ولذلك شـأن خطير بالنسـبة لي لأني سـأُكرم بالنظر إلى وجه مولاي وخالقي (تبارك وتعالى)، ولذا فإني سأتخلى عن روحي وكلي طمأنينة وحبور وسعادة)).**

ولما ووُري جثمانه الثرى وانفض عقد المعزين بوفاته سارعت ابنته (السيدة ماركريت ام. كوردن – Margaret M. Gordon) إلى طبع سيرة حياته في كتاب ضخم مهيب أطلقت عليه اسم (الحياة العائلية للسر ديفيد بروستر) والذي ذكرت وصنفت فيه ما ينيف عن (2000) من أوراقه وبحوثه العلمية.

أُطلق اسمه تكريما له على إحدى فوهات القمر بقطر (10 كيلومترات) وتم الاعتراف بذلك في عام (1976) من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالمية.

لم يقصر (بروستر) ذهنه وتفكيره – وطوال حياته – على دراسة وبحث الاستقطاب وقوانينه وتأثير درجات الحرارة وتباين مناسيب الضغط الجوي على مقداره وشدته، وإنما سرح بفكره بعيدا لاستكشاف ودراسة الصفات الغريبة لبعض (البلورات ذوات المحاور المزدوجة Birefrengent Crystals) وقابلية الانكسار الثنائية ولدراسة وتدقيق قوانين الانعكاس وتطبيقاتها على الفلزات.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Baker, Cozy. *Kaleidoscopes: Wonders of Wonder* (Concord, Calif.: C&T Publishing, 1999).

Brewster, David, *The Kaleidoscope* (Edinburgh: Constable & Company, 1819; reprint edition, Holyoke, Massachusetts: Van Cort Publishers, 1987).

Brewster, David. *More Worlds Than One: The Creed of the Philosopher and the Hope of the Christian* (New York: Robert Carter & Brothers, 1854).

Land, Edwin, "Some Aspects of the Development of Sheet Polarizers," *Journal of the Optical Society of America*, 41(12): 957–963, 1951.

Morse, Edgar, W., "David Brewster," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970)

Pendergrast, Mark, *Mirror Mirror: A History of the Human Love Affair with Reflection* (Basic Books: New York, 2003).

Senechal, Marjorie, "Reflections of Kaleidoscope," in *Symmetry 2000* (Proceedings from a symposium held in Stockholm, September 2000), edited by I. Hargittai and T. C. Laurent (London: Portland Press, 2002).

Weber, Michael F., Carl A. Stover, Larry R. Gilbert, Timothy J. Nevitt, and Andrew J. Ouderkirk, "Giant Birefringent Optics in Multilayer Polymer Mirrors," *Science*, 287(5462): 2451–2456, March 31, 2000.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• لاشك بأن اختيار (العوالم الأخرى) والتي سيكون بإمكانها استضافة أشكال مماثلة أو مغايرة من أنماط (الحياة)، ستكون ضمن أسس وقوانين ونواميس مقننة ثابتة توفر البيئة الحميدة المناسبة لنشوئها. ومن ذلك لي أن أستنتج أن على أي (حياة عاقلة – تعي نفسها – وتدرك ذاتها) أن تبدأ أو تكون قد بدأت بالفعل بالبحث عن العوالم الأخرى... والتي تتمتع بتلك المميزات والصفات لغرض التعرف عليها أو حتى إيجادها. إن العوالم والأكوان الحاوية على تلك القوانين والمواصفات والتي تمكنها من استضافة ورعاية كائنات مثل أو حتى أعظم مما تتصور قد تكون بالفعل أقرب إلينا مما نظن ونعتقد...

بنفورد

Gregory Benford، in John Brokmen's (What we Believe but Cannot Prove).

مقتطف من كتابه (ما نؤمن به ولا يمكننا إثباته).

• لقد فاق استعمال الرياضيات (أو لعلها هي ذاتها قد تفوقت على نفسها) كوسيلة فعالة لإيضاح وتبيان مرامي كافة حقول الفيزياء النظرية السابق ولوجها ولحد الآن، فلدى تصديها لبناء وتفسير (نظرية الأوتار - The String Theory) الجديدة، سواء كان الأسلوب الرياضي المتبع في ذلك (صعبا كان أم مبسطا)، قد مكنها من الإفصاح عن جملة من الحقائق والتوقعات تجاوزت كل ما نعرفه من (فيزياء)، إلى حقول وآفاق جديدة لم يسبق أن خطرت على ذهن بشر. أنا موقن أن ذلك المؤشر (وعلى غرابته) لهو الناقوس الهادي لنا بأننا قد بدأنا بالفعل(الآن) سيرنا في الطريق الصحيح...

عطية

Michael Atiyah، (Pulling the Strings). Nature

في مقالة له في مجلة (نيتشر - Nature) بعنوان (ها قد بدأنا بسحب الخيوط).

• لقد اتسعت وتمددت (نظرية الأوتار) إلى ما أسميناه (بنظرية الأوتار الفائقة - The Superstring Theory) والتي انتفخت بدورها حتى امتصتها واستوعبتها (نظرية الأغشية - The Membrane Theory). ورغم أن عليّ الآن أن أستدرك وأعترف بعدم وجود أي دليل علمي ملموس – ولحد الآن –

يثبت ما سبق أو يعززه، ورغم فهمي المحدود لـ (نظرية الأغشية) والتي يمكن تسميتها للتبسيط اللفظي فقط (بنظرية م – ميم - The M. Theory) إلا أنها قد نالت إعجابي حقيقة لكونها تماثل وإلى حد ما نظرية (الدوائر المتحدة المراكز لبطليموس - Ptolemy's Theory of Epicycles) ولأنها تشمل الكثير من التعقيد الذي قد يتطلب اختماره ونضجه الوقت الطويل.

كاردنر

Martin Gardner in «Interview with Martin Gardner».

Notices of American Mathematical Society. 2005

في مقالة له بعنوان (مقابلة مع مارتن كاردنر) نشرت ضمن دورية (ملاحظات جمعية الرياضيين الأمريكية) لعام 2005.

• إذا ما تمكنا من حصر الميراث الحضاري للثورة العلمية الغربية برمتها وحاولنا إيجاد محور الزخم الدافع لكل تقدمها وإنجازاتها وتحولاتها – وعلى مدى القرون الثلاثة التي نشأت وترعرعت ونضجت فيها – لبرز أمامنا حالاً (صرح الرياضيات) و(المنحى الكمي لتحليل الحقائق) كأهم قبسان تنجذب إليه أنظارنا؛ كونهما لب المشكلة وديدن المسألة. إن أول من ابتدع فكرة النظام الهندسي وإمكانية احتوائه للطبيعة والكون كان (الكسندر كوير - Alexander Koyre) ومنذ ذلك الفتح العظيم – خلال القرنين السادس والسابع عشر – ظلت فكرة هندسة الكون تقوى وتنمو وتتقدم بامتصاصها وبإحاطتها بكل فرضيات ومعطيات العلوم. ولا يمكن لأي عالم – اليوم – ومهما كان حقل اختصاصه وطريقة تفكيره – إلا أن يستعين بهما للإفصاح عن بُنات أفكاره ونتائج أعماله، ولعل هذا ما دأبنا عليه دون أي بادرة فكاك أو أمل خلاص ومنذ الثورة العلمية وحتى اليوم.

ويستفول

Richard S. Westfall, «Newton's Scientific Personality», Journal of the History of Ideas.

مقتطف من مقالة بعنوان: (شخصية نيوتن العلمية) نشر في (مجلة تاريخ الأفكار).

• لقد نجحنا أيما نجاح في تصنيف منهاج فهم الكون بتقسيمه إلى عالمين، عالم المقاييس (الدقيقة) وعالم المقاييس (الشاسعة). لقد كان غرضنا في ذلك تبسيط المفاهيم وتفكيك الملابسات، وقد نلنا

سبق الظفر في ذلك...

لنا الآن أن نفصح عن بعض نشوتنا وفخر إنجازنا عندما نرى أن قوانين الفيزياء التي وضعناها ووثقنا بها يمكن تطبيقها بحذافيرها وعلى امتداد الكون الشاسع وإلى حدود أفقه المحسوس لنا على عظمته واتساعه، وأن الظروف الطبيعية التي تحيط بكل ملاحظاتنا ومشاهداتنا وفي كافة أرجائه لهي... هي في كل زاوية من زواياه وعند كل أفق من آفاقه.

ستينهارت

Paul Steinhardt، (Einstein، An Edge Symposium).

قانون ديولو و بتي للحرارة النوعية

THE DULONG - PETIT LAW OF SPECIFIC HEAT

فرنسا، 1819:

تتناسب الحرارة النوعية للفلزات عكسيا مع أوزانها الذرية.

محاور ذوات علاقة:

همفري ديفي (HUMPHRY DAVY)، واندريه- ماري امبير (ANDRE (MARIE AMPERE، و جونز برزيليس(JONS BERZELIUS)، ولوي- جاك ثينار (LOUIS-JACQUES THENARD)، وفرانسوا اراكو (FRANCOIS (ARAGO، والبرت اينشتين (ALBERT EINSTEIN) وقانون دبي لتكعيب درجة الحرارة المطلقة (DEBYE'S T^3 LAW) وقانون قوة الأرباع الخمسة لديولو وبتي(DULONG - PETTIT'S FIVE-FOURTHS POWER LAW)

من أحداث عام 1819:

- ابتاعت الولايات المتحدة الأمريكية (مقاطعة فلوريدا- **Florida**) من إسبانيا لتضمها إلى فيدرالية ولاياتها. (ولمزيد من الايضاح والدقة: فإن الجزء الشرقي من تلك المقاطعة كان قد منح إلى الولايات المتحدة بعد عقد الاتفاق الذي تم بموجبه تنازل إسبانيا عن جزء المقاطعة الغربي). وقد سددت الولايات المتحدة الأمريكية بالمقابل مبلغ خمسة ملايين دولار تعويضاً لها مقابل الأضرار التي سببها الثوار والمنشقون الأمريكيون وألحقوا بها.

- سُجلت (س.س. السافانا - **S.S. Savannah**) كأول سفينة بخارية تجارية تُبحر عباب المحيط الأطلسي.

نص القانون وشرحه:

ينص قانون (ديولو - بتي) والذي تقدم به في عام (1819) كل من الكيميائيين الفرنسيين (بيير لوي ديولو - Pierre Louis Dulong) و (الكس ثيريز بتي - Alexis Therese Petit)،

على أن كمية الحرارة النوعية (C) لبلورة هي:

$$C = 3\frac{R}{M}.$$

حيث تقاس (C) بوحدات الجول لكل درجة حرارة مطلقة لكل كيلو غرام واحد من المادة البلورية.

و (R) هو ثابت الغازات ويساوي (8.314472) جول لكل درجة حرارة مطلقة لكل وزن عياري من المادة.

و (M) هي الكتلة العيارية للمادة المدروسة (مقاسة بوحدة الكيلو غرام لكل وزن عياري واحد منها).

ينطبق هذا القانون على تصرف المواد بدقة كبيرة للغاية في حدود درجات الحرارة العالية جدا للمواد الصلبة ذوات الهيئة البلورية البسيطة نسبيا. أما في حدود درجات الحرارة الدنيا فينهار هذا القانون بسبب تأثير التداخلات الميكانيكية الكمية (Quantum Mechenical Effects) والتي تكتسب أهمية أعظم على المستوى الجزيئي فتُبرز عن ذاتها عندها، كما يفترض القانون (لثباته ولصحة مجاراته لأسلوب تصرف المواد تحت الاختبار) ألا تموع المواد ولا تغلي ولا تغير من تشكيله كيانها البلوري ضمن نطاق درجات الحرارة المدروسة.

احتل (الماس) مكانة متميزة في تاريخ الفيزياء الحديثة نظرا لإمكانه تسجيل أعظم زيغ ممكن عن (قانون ديولو – بتي) ولحد الآن، فهو لا ينصاع له حتى ضمن نطاق درجات حرارة الغرفة الاعتيادية. دفعت تلك الظاهرة (اينشتين) وأوقدت في ذهنه فكرة احتمال تطبيق (التأثيرات الكمية – Quantum Effects) للمواد على صفة حرارتها النوعية. فنجح في ذلك أيما نجاح. ومن الجدير بالذكر أن مثل تلك التأثيرات تبلغ مدى بعيدا جدا في حالة (الألماس) وذلك بسبب تشكيلته الذرية البلورية الفريدة رُباعية الرؤوس (Tetrahedral)[1] إضافة إلى أن حقيقة صلابة الماس تعود إلى القوة الخارقة التي تتمتع بها الأواصر الرابطة بين ذرات الكربون

(1) Tetrahedral – Lattice Atomic Stracture :- وهي الأشكال البلورية التي تتخذها بعض المواد بحيث تكون الرؤوس مثلثة الأوجه، كما في الشكل على صفحتي (160) و(161) من هذا الكتاب – (المترجم).

في بلوراته من جهة، واتخاذ تلك الذرات شكلا مستقرا ثابتا جدا، حيث ترتبط كل ذرة بذرة مماثلة ومن أقطابها الأربعة ضمن تشكيلته المنتظمة الفريدة من جهة أخرى.

لعل الطريقة المثلى لفهم المقصود (بالحرارة النوعية) هي بإدراك أن المواد ذوات الحرارة النوعية المنخفضة، كالمعادن والفلزات مثلا تحتاج إلى قدر أقل من الطاقة لرفع درجة حرارتها وتسخينها إلى درجة معينة، بعكس المواد الأخرى ذوات الحرارة النوعية العالية، كالماء مثلا والتي ستحتاج إلى مقدار أعلى من الطاقة لرفع درجة حرارتها إلى مقدار مماثل لما سبق. وعليه وبعبارة أوضح فإن المقصود (بالحرارة النوعية): هو درجة كفاءة المواد في احتفاظها بحرارتها أو مدى أهليتها وقابليتها لاختزان الطاقة الحرارية داخلها، وقد يكون في هذا التوضيح الأخير سببا مقنعا لاستخدامنا لمصطلح (القابلية الحرارية) في التعبير عنها أحياناً.

من الملاحظ مختبريا ولأجل المزيد من الدقة في توضيح المقصود بتعبيري (القابلية الحرارية – Heat Capacity) و(الحرارة النوعية – Specific Heat) إن المواد المختلفة تختلف في مقدار أو كمية الحرارة المطلوب تجهيزها إلى كل نقطة محددة منها لغرض رفع درجة حرارتها (كلها جميعاً) إلى درجة معينة محددة ومتماثلة. إن مقدار الكمية الحرارية المطلوبة لتحقيق ذلك تعتبر صفة خاصة تنفرد بها كل مادة قيد الدرس والبحث.

أود أن أجذب انتباهك – عزيزي القارئ، وفي هذه المناسبة – هنا إلى أن حاصل ضرب مقدار (الحرارة النوعية) لأي عنصر أو فلز والتي قد يطلق عليها أحيانا مصطلح (القابلية الغرامية الذرية – Gram – Atomic Copacity) في الوزن الذري له، هي قيمة شبه ثابتة دائما للمواد الصلبة. نستنتج من ذلك أنه بإمكاننا حساب الوزن الذري لتلك العناصر أو الفلزات بقياس درجة حرارتها النوعية حسب القانون المذكور.

يُفضل بعض العلماء كتابة قانون (ديولو – بتي) على الشكل التالي، والذي يرتكز على حقيقة تعبير الحرارة النوعية لحجم معين من العنصر أو الفلز عن معدل التغير في حرارة، (أي مشتقة الحرارة نفسها) كونها وجهاً من أوجه الطاقة:

$$C = \frac{\partial}{\partial T}(3kTN_A) = 3kN_A/\text{mole} = 24.94\ \text{J/mole}$$

وفي هذه المعادلة متعددة الحدود نجد أن:

k يمثل – ثابت بولتزمن (Boltzmann's)[1]

و T – درجة الحرارة على مقياس كلفن لدرجات الحرارة المطلقة.

و N_A – عدد أفوكادرو و $3kTN_A$ – حدا يمثل مقدار الطاقة لكل وزن عياري واحد (mole).

وباستعمال الصيغة المعدلة السابقة لقانون (ديولو – بتي) للحرارة النوعية، يظهر لنا وعلى سبيــل المثال تقارب قيمتي الحرارة النوعية لكل من فلزي الرصاص والنحاس وفق الحسابات التالية:

النحاس (Copper) $0.386\ J/g\ ^{o}C \times 63.6 g/mole = 24.6\ J/mole\ ^{o}C$

الرصاص (Lead) $0.128\ J/g\ ^{o}C \times 207 g/mole = 26.5\ J/mole\ ^{o}C$

مــن الملاحــظ أن كلا مــن (ديولو) و (بتي) كانا قــد استخدما في عــام (1819) وحدات تختلــف عما نستخدمه اليــوم وتمكنـا من إثبـات حقيقـة تسـاوي (الحــرارة النوعية) لكافة المــواد تقريبا واعتبراها في نطاق قيمــة مقاربة لـ (6 سعرات حرارية) لكل وزن عياري واحد من المادة مضروبا بدرجة كالفن، أي:

.(6 calories / mole. K)

لاحظ هنا أن اختلاف وتغيير استخدام الوحدات في التعبير عن القيم والكميات الفيزيائية قــد تغيرت وتطورت عــبر العصور واختلفت باختــلاف المصادر والأدبيــات، وعليه فلابد للقارئ الحصيــف من أخذ ذلك التغيير بنظر الاعتبار، إلا أننــا ولغرض الاختصار والتبسيط

---

(1) Boltzmann's Constaut: ثابــت فيزيائي يربط الطاقة على المســتوى الجزيئي مع الحرارة المقاسة على المستوى الكتلوي (Bulk Level) ويســاوي حاصــل قسمة ثابت الغازات (R) على عدد افوكادرو ولــه نفس وحدات الانثالية... (Entropy).
وتبلغ قيمته كما يلي حسب الوحدات المكتوبة إزاءها:

مقدار قيمة ثابت بولتزمن (K)	الوحدة المستخدمة	رمزها
$10^{-23} \times 1.380654(24)$	جول لكل درجة حرارة مطلقة واحدة	J/K
$10^{-5} \times 8.617343(15)$	الكترون فولت لكل درجة حرارة مطلقة واحدة	eV/K
$10^{-16} \times 1.380654(24)$	ارج لكل درجة حرارة مطلقة واحدة	erg/K

(المترجم)

نطمئنكم بأن كافة النتائج كانت متطابقة ومتبادلة وباستعمال مختلف الوحدات.

والآن عـودة لما سبق الإشارة إليه في صدر هذا المُدخل بأن قانوننا المذكور ينطبق وبدقة في درجات الحرارة العالية وينهار تطبيقه بسهولة في درجات الحرارة المنخفضة (وفقا للتفسيرات الكميميـة)؛ إليك جدول مختصر يبين مقـدار القابلية الحرارية العياريـة لعدد من الفلزات في درجـة حرارة الغرفة الاعتياديـة (25 درجة مئوية) وتغايُرها مقارنة بمقـدار القابلية الحرارية لـذات الفلـزات في درجات الحـرارة العالية والتي ستبلـغ قيمة شبه ثابتة تقـارب ما مقداره (6 calories / mole. K).

اسم الفلز	قابليته الحرارية المعيارية
الألومنيوم	5.82 Calories / mole K
النحاس	5.85 Calories / mole K
الذهب	6.11 Calories / mole K
الرصاص	6.32 Calories / mole K

يعتبر قانون قوة الأرباع الخمسة (The Five– Fourths Power Law) قانونا شهيرا متعلقا بقانون (ديولو – بتي) سابق الذكر... وينص على تناسب مقدار فقدان جسم لحرارته إلى الهواء الأبرد الساكن المحيط به مع قوة الأرباع الخمسة لحاصل طرح درجة حرارة المحيط المطلقة من درجة حرارته المطلقة ويمكن التعبير عن هذا القانون بالصيغة الرياضية التالية:

$$H_L = (T-Ts)^{5/4}$$

حيث يمثل H_L – مقدار الحرارة المفقودة.

و T – درجة حرارة الجسم المعني المطلقة. و Ts – درجة حرارة محيطة المطلقة.

للفضوليين فقط:

• لقد غالب سوء الطالع وحظ النحس كلا من (ديولو) و(بتي) فغلبهما وَفَتَّ عَضُديهما، فجعلهما شريكين في العلم وشريكين في تجرع مآسيهما معاً. أما (ديولو) فقد ولد يتيما معدما، مـا إن شب حتـى أطاح انفجار كيمياوي قام هو به، بأصابع يديه وفقأ له عينه، وأما (بتي) فقد

رمّلته زوجته بعد قرانهما بوقت قصير ولحقها هو إلى مثواهما ولما يتجاوز الثلاثين من عمره.

أقوال مأثورة:

- تزوج (بتي - Petit)... ولكنه لم ينعم بزواجه إلا لستة أشهر، مرضت حبيبته بعدها وسرعان ما تخطفها الموت من بين يديه، فصُدم بذلك صدمة انهار على إثرها فقد كانت حادثة خسارته إياها أكبر مما يتحمل قلبه وفوق ما يستطيع مكابدته، فأوشك عقله على الاختلال. أُصيب بعدها بهزال جسدي وفكري وشوهدت عليه أعراض الهرم المبكر. ولما لم يعد قادرا على الخروج من داره أو التحدث إلى طلابه، هرُع إليه صديقاه (ديولو - Dulong) و (اراكو - Arago) لمساعدته فحملوا عنه معاناة محاضراته وصاروا يحاضرون بدله ويسدّون عنه واجباته حتى يتمكن من الاستمرار في الحصول على مُرتّبه الذي يُقيته.

وسنياك
Jaime Wisniak، (Alexis - Therese Petit)، Education Quimica
مقتطف من كتابه (الكس ثيريز بتي).

- لقد ثبت اعتماد (قابلية الحرارة) للمواد الصلبة على درجة حرارة المحيط ساعة قياسها، ولو صادف لـ (ديولو وبتي) أن عاشا في منطقة باردة من العالم، لما خطر اكتشاف مثل قانونهما ذاك لهما على بال.

هولدن
Alan Holden، The Nature of Solids.
مقتطف من كتابه (طبيعة المواد الصلبة).

ملخص لسيرة حياة المكتشفين:

ولد العالم الكيميائي والفيزيائي الفرنسي الشهير [بيير لوي ديولو Pierre Louis Dulong 1785-1838] والذي اكتشف مع زميله العالم الكيميائي والفيزيائي الفرنسي الذي

لا يقل عنه شهرة [الكس ثيريز بتي (1791-1820) Alexis Thevese Petit] القانون الذي ينص على **ثبوت قيمة حاصل ضرب الحرارة النوعية لأي فلز مع وزنه الذري**، في مدينة (رويه – Rouen) الواقعة في الجزء الشمالي الغربي من فرنسا. وهي نفس المدينة التاريخية التي سبق أن أُحرقت فيها الفتاة الفرنسية (جوان دارك – Joan of Arc) بعد اتهامها بالسحر في عام (1431) والتي أُعلنت قديسة بعد وفاتها بعد أن ثبتت براءتها مما أُلصق بها ولو بعد حين.

فقد (ديولو) كلا والديه، فأصبح يتيما ولما يبلغ من عمره الخمس سنوات، فآلت وصاية رعايته إلى عمته التي أحسنت مثواه، ثم سُجّل في المدرسة التقنية في باريس في عام (1801) حينما بلغ السادسة عشرة من عمره وكان أصغر من قُبل فيها بالنظر لنباهته وسرعة حفظه وشطارته. إلا أن المحزن في الأمر هو تأثير كثرة الفروض والواجبات المدرسية على صحته فاعتلت، الأمر الذي أرغمه على مغادرتها في العام التالي.

بعد سنوات، وحينما استرد عافيته ونشاطه التحق بكلية الطب وتخرج منها وصار يُعالج الفقراء والمعوزين حتى لو لم يتمكن أحد منهم من سداد أجرة فحصه، ولكنه اضطُرّ بعد فترة من الزمن إلى ترك ممارسة مهنة الطب التي لم تُوفر له الدخل اللازم لمواصلة حياته الكريمة، الأمر الذي يمكن فهمه بسهولة إذا ما علمنا ميله الشديد لمساعدة مرضاه ودأبه على إعفاء الفقراء منهم من دفع رسوم الفحص وإصراره على شراء الأدوية اللازمة، ومن جيبه الخاص للمعوزين أيضا.

تزوج في عام (1803) وتمكن من إنجاب أربعة أطفال، توفي أحدهم وهو لايزال رضيعاً. أما الخطوة المباركة التي خطاها بعد كل مشاكله المالية فكانت باتخاذه مجال الكيمياء والتجارب مهنة له رُغم ما حفّ بها من مخاطر وأحاط بها من صعوبات مهنية، فعلى سبيل المثال ولأجل إكمال دراساته في الكيمياء ولإجراء تجاربه فيها، اضطر (ديولو) إلى صرف آخر جنيه في محفظته لغرض شراء الآلات والأجهزة اللازمة لذلك، أضف إلى كل ما سبق معاناته الجسدية الحرجة والأذى الجسيم الذي لحق به عندما شرع بدراسة واختبار بعض المواد شديدة الانفجار كمركب (ثالث كلوريد النتروجين) الذي اكتشفه هو بنفسه والذي كان السبب

المباشر لبتر إحدى يديه وفقدانه لإحدى عينيه.

حــدث انفجار هائل حينمــا كان (ديولو) يتعامل مع دورقين حــوى الأول غاز الكلورين (Cl_2) والآخر كلوريد الأمونيوم (NH_4Cl) امتزجت المادتان وكونتا مركب ثالث كلوريد النتروجــين (NCl_3) عديم الاستقرار الأمر الذي ولّد انفجاراً فقــأ له إحدى عينيه وأطاح له بعــدد من أصابع يده (اختلف المؤرخون وكاتبو سيرتــه الذاتية في تقدير عددها بالضبط)، لم يُثنه الانفجار ولا فاجعته بفقدان عينه وأصابع يده عن استمراره بدراسة مركب ثالث كلوريد النتروجين (NCl_3) الخطر جدا والتعامل معه، فتعزى إليه اليوم معرفتنا بذلك المركب القلق، عديم الاستقــرار، شديد الانفجار، وصفاته الفيزيائية والكيميائيــة... فهو سائل زيتي أصفر اللون، درجة غليانه حوالي (71 درجة مئوية)، كريه الرائحة له بخار مخرش للعيون وللأغشية المخاطية. ونعلم اليوم بأن ذلك المركب له قابلية الانفجار بتماسه مع العديد من المواد وحتى لو بمجرد تعرضه إلى الضوء الساطع.

سمع الكيميائي والفيزيائي الإنكليزي الشهير [همفري ديفي (1829–1778 Hemphry Davy] بمــا قام به (ديولو) من أعمال وتجارب بخصوص تلك المادة المتفجرة المدهشة فقرر إعادة تجاربه لغرض استيعــاب القوة التفجيرية لمادة (ثالث كلوريد النتروجين) بنفسه وهكذا كان حذرا جدا بتحضير ما لا يزيــد عن حجم حبه من خردل لذلك الغرض، ولكن تلك الكمية الضئيلة سرعان ما انفجرت انفجارا عنيفــا مهــولا دافعة بشظايا الزجــاج للتناثر في كل الاتجاهــات وبضمنها تجاه مقلتيــه فدخلت واحدة مــن تلكم القطع حدقة إحــدى عينيه ومزقت قرنيتها. وثّق (همفري ديفــي) ذلك الاكتشاف المدهش والحدث الأليم برسالة بعثها إلى الفيزيائي الفرنسي ذائع الصيت [أندريه – ماري امبير Andre – Marie Ampere (1775–1836] جاء فيها:

((نعــم لقــد كان ذلك الزيت الذي اطلعتُ عليه وعلى تركيبه زيتا شــيطانيا بكل معنى الكلمة، فلقد كان مدهشاً حقاً وامتاز بقوة تدميرية هائلة أثارت فضولي وفاقت طموحي وأفقدتني إحدى عينيّ. لكنني أود تطمينك هنا بأني سأتماثل للشفاء (بإذن الله تعالى) في غضون أشهر قليلة وسأعود إلى تجاربي وأعمالي)).

قد لا يعقل مقدار الإهمال واللامبالاة التي يتمتع بها العلماء والمكتشفون واللتان ظلتا صفتين ملازمتين لمعظمهم على مر العصور. فمن المتوقع بعد كل تلك الخسائر المادية والإصابات العضوية أن يتعلموا دروسهم ويأخذوا حذرهم في تعاملهم مع تلك المادة الخطرة كي يتفادوا المزيد من الإصابات والأضرار والخسائر، ولكن (ما كل ما يتمناه المرء يدركه...) فها هو العالم الكيميائي والفيزيائي الإنكليزي [ميشيل فراداي 1867 - 1791 Michael Faraday] والذي شغل منصب المساعد الأول للعالم (همفري ديفي) في ذلك الوقت والذي استمر في مساعدته وإعانته لتحضير المزيد من المادة المرعبة وإجراء العديد من التجارب الخطرة عليها حتى جاء عام (1813) فاكتفيا بما أصابهما من ويلات وما لحق بهما من أذى من جرائها فكتب في تلك السنة رسالة جاء فيها:

((لقد تمكنا من إجراء تجارب أخرى وعلى كميات أكبر من تلك المادة. ولا أخالكم تتصورون حقيقة ما حدث في كل مرة، فما تكاد المادة تستقر لهنيهات معدودة في مكانها حتى تنفجر بدوي هائل يصم الآذان وبخراب مريع يسم الأبدان، ورغم ارتدائنا، أنا والسر همفري أقنعتنا الواقية فقد تطايرت شظايا الزجاج في كل الاتجاهات وأصابته بجرحين عميقين حول ذقنه إضافة إلى ضربة قوية تلقاها رأسه بجبهته رغم سمك القناع وكثرة بطانات وحشوات الحرير لتلطيف ملمسه وطبقات الجلد السميك لتقسية خارجه. عند ذاك طفح الكيل وبلغت خطورة التعامل مع تلك المادة المرعبة مداها فقرر (السير همفري) إيقاف تجاربه بها وإلى إشعار غير منظور)).

أما (ديولو) نفسه فقد أوقف تجاربه وامتنع عن المضي في بحوثه (وعبثه) بتلك المادة بعد أن نال نصيبه الوافي من الإصابات والجروح والكدمات من جرائها!!

شغل (ديولو) عدة مناصب في حياته منها كرسي الأستاذية في الفيزياء للفترة من (1820) ولغاية (1830) في باريس، وبعد ذلك عُين عميداً للدراسات العليا في (المدرسة العليا للبولي تكنيك) في باري، ثم تعاون مع صاحبه الكيميائي الفرنسي (الكس ثيريز بتي) من عام (1815) ولغاية (1820)، ولما وافت زميلة (بتي) منيته استمر على نهج أبحاثهما لوحده

حتـى تمكن من نشر نتائجهما وما توصلا إليه بخصوص مواضع (الحرارة النوعية) و(قابلية الحرارة) وذلك في عام (1829).

لقد تمكن كل من (ديولو) و (بتي) في عام (1819) من اكتشاف قانونهما الشهير في الكيمياء والذي حمل اسميهما منذ ذلك الحين. نص القانون **على تناسب الحرارة النوعية لكثير من الفلزات التي تكون بحالتها الصلبة في درجة حرارة الغرفة الاعتيادية (25 درجة مئوية) عكسيا مع أوزانها الذرية** – وقد استخدم القانون كما سبق شرحه في استخراج الأوزان الذرية لتلك العناصر.

وقد جـاء في ورقتهما المنشورة في عـام (1819) تحت عنوان (دراسـات وأبحاث حول بعض النقاط المهمة التي تخص نظرية الحرارة) ما يلي:

((لعل المراجعة البسيطة والنظرة المتعجلة (لقيم ظاهرتي الحرارة النوعية والوزن الذري النسبي للفلزات) لتلك الأرقام البسيطة قد تقودنا إلى تقريب أبسط وعلاقة أشد بساطة وأغـرب من أن تحتسـب بذات أهمية، فضـلا عـن الإدراك العميق بأن مـا بين طياتها ومحتواها يكمن قانون على جانب من التفرد والرصانة تمكنه من الامتداد وشمول كافة المواد بسـيطة التركيب. ولعل في قرب المواصفات والنتائج التي حصلنا عليها ومقاربة بعضـها لبعض عدديا ما يخولنا استنباط واستنتاج القانون الآتي منها: إن لكافة ذرات الأجسام البسيطة (ويعني بذلك العناصر الحرة – عدا المركبات– وبالأخص الفلزات) قابلية حرارة تكاد تكون واحدة)).

أبّـن (ديولو) رفيـق أبحاثه وزميلـه العزيز (بتي)، حينمـا عُيّن خلفا لـه في منصبه كعميد (للمدرسـة العليـا للبـولي كنيك) في عـام (1820) قائلا: لعلـي لا ألـوم إلا نفسي لضعف شخصيتي وقبولي المنصب الذي كان يشغله أعز صديق إلى نفسي (بعد وفاته) وبهذه السرعة.

في عـام 1823 تم انتخاب (ديولو) عضوا في الأكاديميـة الملكية للعلوم وفي عام (1829) توصـل إلى إثبـات حقيقة أن الأحجام المتساوية من كافة الغـازات (مهما كان نوعها) تمتص وتطلـق عين الكمية من الحرارة إذا ما تم ضغطهـا أو خضعت للتمدد المفاجئ إلى ذات الجزء المحدد من حجمها الأصلي. وقد افترضت التجربة إجراء كافة العمليات وكون كل الغازات

تحت نفس الظروف من درجات الحرارة وعين مقدار الضغط، كما اكتشف أيضا تناسب مقدار التغيير في درجة الحرارة عكسيا مع الحرارة النوعية لكل غاز إذا ما حُفظ حجمه ثابتاً.

تباينت ميول (ديولو) وتنوعت مشاربه فخاض غمار أكثر من موضوع علمي وطرق أكثر من باب تجريبي وألف وحاضر في العديد من المواضيع وبرع في الكثير من الحقول شأنه شأن أي عالم موسوعي وعلى مر العصور. وإليك قائمة مختصرة بأعماله وأهم مؤلفاته ومنشوراته، يتصدر كل فقرة منها العام الذي تم فيه إنجازها:

- 1811 – نشر بحثه حول تبادلية التفاعلات الكيمياوية.
- 1815 – اختبر صفات ومميزات المحارير الزئبقية وأجرى تجاربه حول قوانين التبريد في الفراغ.
- 1816 – اختبر وتعرف على بعض الصفات الفيزيائية والتغيرات في لون مركب ثلاثي اوكسيد ثنائي النتروجين (N_2O_3) وتوصل إلى وصفه بالمادة الصلبة عديمة اللون في درجة (–20 مئوية)، وبالغاز الأحمر اللون عند التسخين.
- 1820 – نشر أبحاثه المشتركة مع الكيميائي السويدي [جونز برزيليس Jones Berzelius (1779–1848)] المتعلقة بخواص وكثافات السوائل، واختبر مع العالم الكيميائي الفرنسي [لوي – جاك ثينار (1777–1857) Louis–Jacaues Thenard) خواص المعادن المختلفة ودورها كعوامل مساعدة في التسريع من تفاعلات واتحاد الغازات.
- 1826 – اختبر مواصفات الغازات وعلاقتها بانكسار الضوء.
- 1829 – اختبر صفة الحرارة النوعية لمختلف الغازات وذلك بدراسة التغيرات الحاصلة في النغمات المتولدة من آلة الفلوت الموسيقية عند إمرار مختلف الغازات وبدرجات حرارية متغيرة معلومة خلال فوهتها.
- 1830 – نشر ورقته الشهيرة بمعية الفيزيائي الفرنسي [فرانسو اراكو – Francois Arago 1786–1853] حول قابلية بخار الماء للتمدد تحت تأثير درجات الحرارة العالية وتصرفه كغاز

اعتيادي عندها.

• 1838 – نشر بحثه المتعلق بكميات ومقادير الحرارة المتولدة من جراء التفاعلات الكيميائية المختلفة.

لم يفت من عضد (ديولو) ولم تُنتقص من شجاعته ولم تؤثر على اندفاعه للمجازفة في سبيل الاكتشاف العلمي والكشف التجريبي كل ما عاناه من آلام ومصاعب وإحباطات شخصية، ولا ما كابده من أخطار خلال إجرائه لتجاربه الكيميائية الجسيمة عندما فقد إحدى عينيه من جراء ذلك الانفجار الكبير الذي أعقب تعامله مع مركب ثالث كلوريد النتروجين (NCl_3) شديد الانفجار عظيم الخطورة، ولكنه دعا صاحبه (اراكو) للمجازفة والشروع في دراسة طويلة خطرة جدا حول صفات وضغوط بخار الماء المسخّن إلى درجات حرارية فائقة.

لقد نشأت تلك الفكرة في نفسه واختمرت في ذهنه عندما طلبت منه الحكومة الفرنسية دراسة مواصفات مراجل تسخين المياه وتأثُرها بارتفاع ضغط بخار الماء داخلها إلى درجات عالية، وهكذا انبرى (ديولو) بسلسلة من التجارب على مراجل وفوارات المياه الساخنة وبظروف بالغة الخطورة ودرجات ضغط خيالية فاقت ما يقارب الـ 27 ضعف مقدار الضغط الجوي الاعتيادي داخلها مع احتمال انفجارها الأكيد ما بين لحظة وأخرى.

نُقش اسمه ضمن قائمة الـ 72 عظيما ورائدا فرنسيا والذي قرر (كوستاف ايفل) تخليدهم بحفر أسمائهم على دعائم برج إيفل الشهير. (انظر **قانون كولوم للكهربائية المستقرة** في الجزء الثاني من هذا الكتاب في صفحة).

ولد [الكس ثيريز بتي (1791–1820) Alexis Therese Petit] في مدينة (فيسو Vesoul) الفرنسية، وكان طفلا موهوبا بكل معنى الكلمة، فقد تقدم وأكمل متطلبات قبوله في (المدرسة العليا للبوليتكنيك) ولما يتجاوز عامه الحادي عشر، وكان قد أدهش لجان القبول في تلك المدرسة بحصوله على معدلات فاقت جميع نُظرائه في تلك المرحلة. ورغم النهاية المأساوية لحياته القصيرة، إلا أنه كان قد تمكن من وضع بصماته العلمية على العديد من الإنجازات وفي مختلف الحقول. خير ما يُذكر به (بتي) اليوم هو اشتراكه مع زميله (ديولو)

في وضع القانون الذي خلد اسميهما والذي نص على **أن لذرات المواد البسيطة (من الفلزات) المختلفة نفس القابلية الحرارية**. ولكنه كان قد أدلى بدلوه أيضا وعكف على تحقيق العديد من المشاركات العلمية في مجال تحديد القابلية الحرارية للعديد من المواد، كما شارك في تطوير تفهمنا لخواص بعض المواد الأخرى فيما يتعلق بانكسار الضوء خلالها. كما عمل كذلك على توضيح كيفية تحول الطاقة الكامنة لقدرة ميكانيكية.

لا نعرف إلا النزر اليسير عن طفولته التي قضاها يتيما محروماً في دار عمته، إلا أن ما نعرفه هو تمكنه من الحصول على إجازة (الدكتوراه) في العلوم في عام (1811) عن أطروحته الموسومة: (نظرية رياضية حول الخاصية الشعرية)، والتي كان الغرض من ورائها إيجاد القانون (أو القوانين) التي ستصف خاصية تحرك السوائل في الفراغات الشعرية كمثال صعود عمود الماء عكس الجاذبية إلى الأعلى خلال الأنابيب الزجاجية الضيقة جدا والمسماة (بالأنابيب الشعرية – Capillary Tubes)، علما بأن لتلك الظاهرة الفيزيائية أهمية جوهرية في وجود كافة أنواع الحياة على سطح الأرض ولا سيما الحياة النباتية فهي المسؤولة حتما عن إيصال الماء والأملاح التي تمتصها الأشجار العظيمة إلى أعاليها حيث توجد الأوراق المعرضة لأشعة الشمس لغرض إتمام خطوات التمثيل الكلوروفيلي – أصل إنتاج السكروز، وأصل الحياة على هذا الكوكب – .

نعني بالفعل (الشعري) أو (الخاصية الشعرية): ظاهرة التعامل ما بين أي سائل والمادة الصلبة التي يحدث أن تكون بتماس به، وما يحدث حقيقة في هذه الظاهرة هو ارتفاع أو انخفاض مستوى سطح السائل (أو حوافه) عند نقطة التقائه بالمادة الصلبة التي هو بتماس معها. فعلى سبيل المثال، لو أمعنت النظر إلى قدح الماء الذي أمامك لوجدت أن سطحه سيكون مرتفعا قليلا عند الأطراف (نقطة تماسه مع جدار القدح الخارجي) عنه في وسطه. تنتج الخاصية الشعرية بالحقيقة من تضافر وتعارض قوتين مهمتين تفعل فعلها في المادتين الصلبة والسائلة، هاتان القوتان هما قوة الالتصاق (Adhesion Force) والتي تفعل فعلها بين جزيئات السائل وجزيئات إنائه، وقوة الالتحام (Cohesion Force) وهي القوة التي تضم جزيئات السائل إلى بعضهم البعض.

ولبحث (الخاصيــة الشعرية) بشيء من التفصيل والعمق، دعنا نراجع ما توصل إليه (بتي) بشأنهــا. لقد وجدت بأن العلاقة التي تربط القوة (H) وهي القوة التي يُسلطها جدار الوعاء الشعــري على السائل الموجــود داخله مع القوة ('H) وهي القوة التــي يُسلطها السائل على نفسه؛ يمكن أن تكتب على شكل القانون التالي:

$$H = H'\cos^2(\bar{\omega}/2)$$

حيث تمثل ($\bar{\omega}$) هنا مقدار الزاوية الفاصلة بين سطح السائل وجدار الحاوي له عند نقطة تلاقيهما (علما بأن اتجاهها سيكون دائما مفتوحا إلى جهة السائل في الإناء).

تــزوج (بتي) في عام (1814) ولم يُسعد به، فقد كان زواج شؤم تمرضت زوجته على إثره بعد ستة أشهر فقط، ودامت معاناتها مع ذلك المرض طويلا حتى وافاها أجلها المحتوم في عام (1817) تاركــة قلبا مكلوما كسيرا لم يقو على الحياة السوية بعدها فلحق بها وهو في أواخر ريعان العشرينيات من عمره.

رغــم وفاته شابا إلا أنه كان قد سجل العديد من الإنجازات والفتوحات العلمية، ففي عام (1815)، نــال (بتي) درجــة الأستاذية الكاملة في الفيزياء من (المعهد العالي للبوليتكنيك). تقرّب من صهره العالم المرموق والفيزيائي الفرنسي الشهير [فرانسوا اراكو (1786-1853) Francois Arago] وتعاون معــه في جل بحوثه المتقدمــة، وعملا معا على فحص وإثبات تأثير تغيرات درجة الحــرارة على تغيير معامــلات انكسار الغازات، فساعدت تلك التجــارب لاحقا على تمسكه بالنظرية الموجية للضوء. أما أول ورقة علمية نشرها فكانت في حوالي عام (1816) والتي ثبّت فيها أبحاثه بخصوص تغيّر قوة مادة معينة وتأثيرها على انكسار الضوء خلالها بتغيير درجة تكتلها.

كُــرّم في عام (1818) بمنحه جائزة الأكاديميــة الباريسية عن أبحاثه حول (قانون التبريد)، ونشر في السنة ذاتها بحثا آخر عن المبادئ الأساسية (لنظرية الماكنة – Machine Theory) كما نشر في نفس السنة ورقة ثالثة عن (نظرية الحرارة). لقد كانت علاقته بأصدقائه – وكما ذكرنــا سابقا – جيدة جــدا، فقد تعاون مع (ديولو) ونشرا معا عــدة أبحاث تناولت (نظرية الحــرارة)، كمــا درسا معــا القوانين التي تتحكــم في تبريد المواد في الفــراغ وفي الهواء وفي

مجالات بعض الغازات الأخرى. أما أول ورقة شارك فيها صديقه (ديولو) بنشرها فقد تناولت القوانين التي تصف خواص تمدد بعض السوائل والمواد الصلبة، وقد حصل كلا الباحثان (بتي وديولـو) في عام (1818) على الجائـزة الفرنسية السنوية للفيزياء والتـي تألفت من ميدالية ذهبية لكل منهما مع مبلغ مالي ضخم كبير بلغ (3000 فرنك فرنسي) لكل منهما أيضا، هذا وقد توّج عمل الرجلين المشترك بتوصلهما معا في عام (1819) إلى صياغة قانونهما الشهير بخصوص الحرارة النوعية للعناصر.

لم تتوقف أبحـاث وأفكار العبقري (بتي) عند حد، فقد عمل على اختبار العجلات المائية وكفـاءة ضـرب المدافع حتى توصل إلى وضع معادلته العمليـة التي مكنت من حساب كمية البارود الواجب شحنها في مدفع ما لغرض الحصول على أفضل قوة دفع لقنبلته، وأعلى سرعة انطلاق ممكنة منه لها، وأبعد مسافة يمكن أن يوصلها إليها.

لقـد تأثر تأثـرا شديدا لوفاة زوجتـه التي تركت لـه فراغا نفسيا وعصبيـا شديدا حتى صارت تنتابه حالات متقطعة وأحيانا مستمرة من الشعور بالإرهاق الشديد وعدم القدرة علـى التركيز ونوبات من الكآبة الحادة، منعته من الظهور العلني أو إلقاء المحاضرات على الأساتذة أو الطلاب. لقد طويت صفحة حياته بسرعة وأُسدل الستار على إنجازاته العلمية الفـذة بوفاته المبكرة بسبب معاناته مـن (داء السل) ولم يكد يتجاوز التاسعة والعشرين من عمـره. أما أهم ما اشتهـر بإنجازه فكان قانونه حـول (القابلية الحراريـة العيارية الثابتة – Law of Constant Molar Heat Capcities).

ووُري جثمانـه الثرى في مقـبرة (الاست – l'Est) وهو المكان الـذي سيلحق به صديقه (ديولـو) ويدفن معه فيـه في بضع سنين. أُطلق اسمه تكريما له وعرفانـا بإنجازاته على إحدى فوهات القمر بقطر (5 كيلومترات)، الأمر الذي صادقت عليه الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عام (1976).

لقـد سبق التطرق إلى عدم دقة قانون (الحرارة النوعية لبتي وديولو)، حيث إن هذا القانون يـزوغ زيغا بينا وينهار انهياراً تاماً في درجات الحـرارة الواطئة الأمر الذي استوجب إدخال

التأثيرات الكميمية (Quantum Effects) عليه لإصلاحه. كتب (دونالد دبليو روجرز – Donald W. Rogers) مؤلف كتاب (نظرية اينشتين الأخرى: [نظرية بلانك – بوز – اينشتين للقابلية الحرارية – Einstein's (Other) Theory: The Plank – Bose – Einstein Theory of Heat Capacity] قائلا:

((لقد لفت ذلك الزيغ انتباه [ألبرت اينشتين Albert Einstein (1879-1955)] وأيقن بانهيار قانون (ديولو – بتي) الحاد وبالأخص فيما يتعلق بمادة (الماس)، والذي أثبتت الدراسات اللاحقة وتحت ظروف حرارية واطئة جداً فشله التام في ذلك وكلما أمعنا في خفضها، كما أثبتت دراسات علوم التبريد بأن الثابت الذي كانا قد توصلا إليه وسمي بـ (ثابت ديولو – بتي) يقترب من قيمته الصفرية بجوار درجة حرارة الصفر المطلق. أما ما قام به اينشتين حقيقة فهو إدخاله بعض التعديلات لتصحيح قابلية التنبوء بتصرفات القابلية الحرارية لمادة (الماس) حصرا، إلا أنه بعمله الفذ ذاك كان قد توصل إلى نظرية عامة شاملة بخصوص كافة التغيرات المتوقعة والمحتملة لذلك الثابت والذي اكتسب بعد اينشتين صفة (الثابت المتغير C_v) الذي يمكن استعماله مع كامل الطيف الحراري(T) ولكافة المواد الصلبة وحتى بنطاق درجة حرارة الصفر المطلق)).

عمل اينشتين على وضع صياغة جديدة لقانون الحرارة النوعية الذي سبق وأن ابتكره كل من (ديولو وبتي) وذلك بوضع تصور جديد للمادة وهو باعتبارها مجموعة من التذبذبات التوافقية المنتظمة المتحركة في نطاق ثلاثي الأبعاد ومرتبطة ارتباطا وثيقا بنظام بلوري متوازن محدد النقاط. وبالاعتماد على (المفهوم الكميمي) السابق تمكن كل من اينشتين والفيزيائي الأمريكي الجنسية ألماني المولد [بيتر ديبي (1884-1966) Peter Debye] من وضع الصيغة الدقيقة للقانون المذكور والتي تنطبق بدقة عالية جداً ضمن كافة الأُطر الحرارية الواطئة منها والعالية على حد السواء. ويمكن التعبير عن أحد صيغ ذلك القانون بالمعادلة التالية:

$$C = \frac{\pi^2 N_A k^2}{2E_F} T + \frac{12\pi^4 N_A k}{5T_D^3} T^3.$$

حيث يمثل k – ثابت بولتزمن[1].

و T – درجة الحرارة مقاسة بدرجات كلفن المطلقة.

و N_A – هو عدد افوكادرو و E_F – هو مقدار طاقة فرمي و T_D – تسمى درجة حرارة (ديبي – Debye) وتساوي:

$$T_D = hV_D/k$$

حيث V_D هو الحد الأعلى المسموح به لذبذبة الفونون – Phonon[2] [والتي تسمى اليوم (بذبذبة ديبي)] و h – هو ثابت بلانك

أما الفونونات فتمثل نوعا من الذبذبات التي تنتشر خلال المواد بسرعة تقارب سرعة الصوت وتؤثر على تصرفات حرارتها النوعية.

لقد تمكن ديبي من إثبات وجود درجة حرارة خاصة محددة لكل مادة صلبة بلورية تبلغ معها درجة حرارتها الذرية المقدار الثابت البالغ (5.67) سعرة حرارية لكل درجة، أما نظرية اينشتين بهذا الخصوص فقد عبرت عن تلك الدرجة الحرارية بالقيمة التالية (hV_D / K) حيث تمثل فيها V_D مقدار الذبذبة الخاصة المحددة لكل ذرة ضمن كيان مادتها البلوري.

واختصاراً للجهد وللتفكير يمكننا الاستعاضة عن المعادلة الطويلة والمعقدة السابقة بأخرى أكثر سهولة وأشد اختصاراً سميت (بقانون التكعيب الحراري المطلق لديبي

(1) (Boltz mann Constant) هو ثابت فيزيائي يربط مقدار الطاقة على المستوى الجزيئي مع درجة الحرارة المطلقة على المستوى الكلفني ويساوي حاصل قسمة ثابت الغاز (R) على ثابت افوكادرو (N_A)، أي: ($K_B = R/N_A$) انظر أيضاً القيم الرياضية لهذا الثابت (حاشية صفحة 442). (المترجم).

(2) Phonon – هو كسيمة (صغيرة) من الطاقة ترتبط بنسق التذبذب الذي يحدث في المواد الصلبة ذات الكيان البلوري المميز. وتبرز أهميته عند دراسة (فيزياء الحالات الصلبة – Solid State Physics) لأنه يفسر صفاتها من حيث قابليتها على التوصيل الكهربائي والحراري. تفسر الفونونات ذوات الأطوال الموجية العالية جداً انتقال الصوت في المواد الصلبة وقد اشتق الاسم (– Ph non) من الكلمة الإغريقية التي تعني (الصوت). المترجم

(T³ Debye's Law – وذلك لتناسب الحرارة النوعية لأي مادة فيه مع مكعب درجة حرارتها المطلقة، كالآتي:

$$C = \frac{12\pi^4 N_A k}{5T_D^3} T^3$$

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Crosland, Maurice P., "Pierre Dulong," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Curry, Roger: "Fulminating Oils   Sweat of the Devil   Nitrogen Trichloride and Nitroglycerine," in *Lateral Science*: see lateralscience.co.uk/oil/.

Faraday, Michael, personal letter to Benajmin Abbott, April 8, 1813.

Fox, Robert, "Alexis Petit," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Nave, Carl R., "HyperPhysics: Law of Dulong and Petit," Department of Physics and Astronomy, Georgia State University, see hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/HBASE/hframe.html.

Rogers, Donald W., *Einstein's "Other" Theory: The Planck-Bose-Einstein Theory of Heat Capacity* (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2005).

Wisniak, Jaime, "Alexis-Thérèse Petit," *Educacion Quimica*, 13(1): 55–60, 2002.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• ما بين طيات العلم وخفاياه، لابد وأن نقع على بعض الافتراضات (الماورائية – Metaphysical)، ليس أقلها شأنا كون عالمنا المحسوس وكوننا المألوف منصاعان كلية لمجموعة من القوانين. ولا يشك أحد بأهمية وعملية القوانين التي اكتشفناها وعلميتها ولكن العلم لا يجيب على التساؤل الجوهري فيما لو إذا كانت تلك القوانين قد سبق هندستها وتصميمها قبل وجود الكون أم لا، وهذا سؤال محير جداً قد يعتبر ماورائياً أيضاً. وعلى كل حال ففي كلتا حالتي إيماننا بوجود المهندس الخالق (العظيم سبحانه) الذي صمم هذا الكون أم إيماننا بعدمه فإن ذلك لن يحل معضلة تساؤلنا التي كانت ولا تزال معقودة حائرة تحاول جاهدة معرفة كيفية عمله.

كارول

Robert Todd Carroll، (Intelligent Design)، The Skeptic's Dictionary.

مقتطف من (معجم المتشكك) في مدخل (التصميم الذكي).

• لعل خير ما نصف به ميكانيكية عمل نظام الكون هو باستخدام مجاميع من القواعد والقوانين التي تقوم بفعلها على شكل مراحل وطبقات، لا علاقة للواحدة منها بالأخرى. أوضح ما يؤثر علينا فيها ويمكننا الإحساس به منها في الطبيعة هي قوة الجاذبية، التي تسيطر على... وتحكم الأجسام العظيمة فيها كالنجوم والكواكب والأجرام الأخرى وجسمك وجسمي. تلك هي قوة واحدة من مجموع القوى الأربع التي تحكم الكون، أما الثلاث الباقيات فيختص مجال عملهن في النطاق المادون الذري.

بوسلوف

John Boslough، (Sephen Hawking's Universe)

مقتطف من كتابه (عالم ستيفن هاوكنج).

• في نقطة ما من مراحل التفكير والإنجاز العلمي، لابد لنا أن نعترف بأهمية وفضل الخيال على العلم والمعرفة. إن من واجب العلم والمعرفة تبيان وتحديد ما نعرفه الآن وما نرغب في فهمه في الوقت الحاضر، أما الخيال فهو سبيلنا الوحيد ومركبنا الفريد لاستشراف المجهول ودليلنا الأكيد لما نود اكتشافه وخلقه في المستقبل.

اينشتين

Albert Einstein، (On Science).

مقتطف من كتاب (في العلم) له.

• يعلم أي منظّر في الفيزياء النظرية – وعلى وجه اليقين – حاجته للاحتفاظ في ذهنه على ست أو سبع معادلات على الأقل تمثل ذات الحقيقة الفيزيائية أو نفس القانون بصورة أو بأخرى، وهو يعلم كذلك أنها كلها صحيحة وكلها متقابلة بل ومتوافقة ومتساوية ولا من حاذق يستطيع الجزم بتفضيل أي منها على الأخرى وعلى أي مستوى وفي أي مرحلة. والآن ستسألني إذا؛ ولم يحتفظ بها كلها عبئاً على ذهنه؟ جوابي لك حاضر: إنه يركن إليهن كي يتمكن من التوصل لحدس أقرب الى ما يرضي نفسه في حالة معينة وظرف خاص.

فينمن

Richard Feynman، The Character of Physical Law.

في كتابه (خصائص القانون الفيزيائي).

• لقد صار من نافلة القول أن نقر بأن نظرية بسيطة بساطة إمكانية طباعتها على صدر قميص اعتيادي بعشرين حرفاً لابد وأن تكون بمتناول الجميع علما وعملا، والحقيقة أن هذا هو واقع حال نظريتي النسبية العامة وميكانيكا الكم.

كرين

Brian Greene، (Einstein، An Edge Symposium). WWW.edge.org

• لا يُعبر عن عبق الأسلوب العلمي وشذاه خير من سلاح العقلانية وروعة المنطق: ولذلك فنحن نفترض أن كل شيء في الكون يتصرف على طريقته التي ألفناه يتصرف بها لحكمة معينة ولسبب وجيه، أدركناهما أم لا. الأمر مختلف تماما فيما يتعلق (بالقوانين) الفيزيائية التي يفترض بنا أن نتقبل وجودها ونؤمن بها بلا أي سند من منطق ولا رافد من عقلانية، والآن إذا كان افتراضانا السابقان صحيحين فلعل كامل كيان العلم وبرمته كان مبنيا على أساس من خواء.

دافيز

Paul Davies، (Laying Down the Laws)، New Scientist.

مقتطف من مقالة له في مجلة (نيوسينتست) بعنوان (وضع القوانين).

قانون القوة المغناطيسية لبايو و سافار

THE BIOT - SAVART LAW OF MAGNETIC FORCE

فرنسا، 1820:

يولد التيار الكهربائي المار عبر سلك معدني خطوط حقل مغناطيسي تتشكل على هيئة دوائر تقع مراكزها المتحدة على طول ذلك السلك. تتناسب شدة الحقل المغناطيسي المحيط بسلك معدني مكهرب عكسيا مع مربع المسافة الفاصلة عنه. وستتضح جوانب كثيرة أخرى لهذا القانون من خلال شرحه لاحقاً.

محاور ذوات علاقة:

قانون امبير للكهرومغناطيسية ودوائرها الكهربائية (AMPERE'S CIRCUTAL LAW OF ELECTROMAGNETISM)، وقانون بايو للامتصاص الضوئي (BIOT'S ABSORPTION LAW)، وقانون بايو للتمدد (والانتشار) الدائري (BIOT'S LAW OF ROTARY DISPERSION)، وهانز اورستد (HANS QRSTED) ودانيل برنولي (DANIEL BERNOULLI)، وجوريف كاي- لوساك (JOSEPH GAY- LUSSAC).

من أحداث عام 1820:

- اكتسبت اتفاقية تفاهم ولاية (ميزوري Missouri) الأمريكية بخصوص تنظيم ممارسة تجارة العبيد في مقاطعاتها الغربية صفتها القانونية.

- ادعى جوزيف سمث الابن (Joseph Smith Jr.) مؤسس حركة (قديس اليوم الأخير- Latter Day Saint) والتي كانت الأساس لقيام مذهب (المورمون Mormonism)[1] زيارته أثناء إحدى حالات التجلي من قبل السيد المسيح عليه السلام.

---

(1) (1) Mormonism - المرمونية مذهب يتضمن التعاليم الدينية والعناصر الحضارية التي نادى بها القس (برايهام يونك - Brigham Young) والتحسينات التي أدخلها عليها (جوزيف سمث، الابن) في حوالي أربعينيات القرن التاسع عشر (1840s). تتشابه تعاليمها مع تعاليم (عصبة قساوسة اليوم الأخير - The Latter Day Saint) بقولها بتعدد الزوجات - الذي حرم لاحقا في عام 1904 - والزواج الأبدي والدعوة إلى زيادة النسل وتختلف معها في أوجه أخرى عقائدية. هي حركة حضارية لها تعاليمها الاجتماعية أكثر من كونها إيمان ديني يعتمد على الأسس اللاهوتية. (المترجم).

- أُدخلت (مَيْن - Maine) كالولاية الثالثة والعشرين للاتحاد الفيدرالي للولايات المتحدة الأمريكية.

نص القانون وشرحه:

ينص قانون (بايو وسافار) على تناسب كثافة الفيض (أو الحث المغناطيسي) في جوار سلك معدني طويل موصل ومشحـون بالكهربائية طردياً مع ذلك التيار المـار به وعكسيا مع مربع المسافة التي تفصله عنه. غالبا ما يعبر رياضيا عن قانون (بايو وسافار) بالشكل التالي:

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\mathbf{s} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}.$$

كل قيمـة مكتوبـة بالحروف الغامقـة تعني أن تلك القيمـة هي مقدار ذو اتجـاه (أي قيمة متجهة). والقيمة المتجهة هي القيمة التي يحددها مقدارها مضافا إليها اتجاه معين. ترينا هذه المعادلة، وبوضوح العلاقة المباشرة بين الحقل المغناطيسي($\mathbf{B}$) المتولد بواسطة قطعة قصيرة من السلك ($\mathbf{ds}$) وبين مقدار التيار المنتظم المار خلاله (I). أو بعبارة أكثر مهنية:-

فـإن ($\mathbf{ds}$) هي المشتقة التفاضلية لطـول متجهة التيار، وستتحد بالطبع اتجاهه كذلك، أما المتجهة ($\hat{\mathbf{r}}$) فتشير من مكان تولدها داخل السلك باتجاه نقاط حقل فراغي يحيط به وعمليا فـإن ($\hat{\mathbf{r}}$) تشير دائما من مكان تولدها في قطعة السلك الحاوي على التيار الكهربائي داخله إلى النقطة المحددة والتي نرغب منها قياس الحقل المغناطيسي المتولد.

أمـا (r) غـير الاتجاهية الموجودة في المقام فتمثل مقدار المسافـة الفاصلة ما بين منطقة تولُّد التيار داخل السلك وإلى حد نقطة الحقل المحددة سابقاً. ويعني هذا طبيعيا اعتماد قيمة الحقل المغناطيسـي وقوته على مقدار بعد موضع أية نقطة عنـه والمسافة الفاصلة بينها وبين السلك الأصلي، وتتناسب عكسيا مع مربع تلك المسافة.

يقاس التيار بوحدات الامبـير والمسافة بالمتر وقيمة الحقل المغناطيسي بوحدات (التسلا - Tesla)، أما قيمة الثابت (μ_0) فتساوي ($4\pi \times 10^{-7}$ T.m/A) ويسمى ثابت الانتشارية

المغناطيسية في الفراغ.

أما القيمة النهائية لمقدار الحقل المغناطيسي المتولد (**B**) في أية نقطة من نقاط الفراغ المحيط بالسلك الحامل للتيار فستساوي حاصل جمع كافة خطوط الفيض المغناطيسي المتولدة من عناصرها، والآن ولحساب قيمة البسط المبين في معادلة (بايو وسافار) والذي يمثله (مقطع) الكمية الاتجاهية ($\mathbf{ds} \times \hat{\mathbf{r}}$) فهذا يعني حسابنا لحاصل ضرب المتجهتين المذكورتين ($\hat{\mathbf{r}}$ x $\mathbf{ds}$) ومن ثم ضرب الناتج بقيمة (جيب الزاوية θ) وهي الزاوية الفاصلة بينهما.

وبالإمكان اشتقاق قانون (بايو وسافار) من قانون دوائر امبير للكهرومغناطيسية (انظر المدخل بعد القادم حول هذا الموضوع) الأمر الذي يعزز من الرأي القائل بأنه ليس قانونا مستقلا. (والقانون المستقل الحقيقي كما نعلم، وهو ما يمكن أن تُشتق منه حدود أخرى أو نتائج ولا يمكن اشتقاقه من أي قانون سبقه – المترجم)، ولكن الأمر لن يخلو من بعض الصعوبات العملية، وعليه ولأجل تذليل تلك الصعوبات علينا أن نفترض كون ذلك الحقل من البساطة بمكان بحيث يؤهلنا حذف قيمته **B** من مقدار القيمة العددية لقانون امبير.

وفيما يلي بعض التصورات الحسابية والهندسية لحالتين خاصتين من تشكيلات الأسلاك وكيفية تكوّن وحساب مقدار الفيض المغناطيسي **B** فيها (يمكنك تجاوزها الى الفقرة الموالية إذا أحسست بحاجتك لإراحة ذهنك بعد هذه الرحلة الشاقة ما بين الأسلاك الكهربائية والحقول المغناطيسية والمعادلات الرياضية).

الحالة الأولى: يمكن استخدام النموذج المبسط لحساب قيمة فيض الحقل المغناطيسي حول سلك طويل جدا لا متناهي في طوله، عندما يكون مقدار التيار الكهربائي المار خلاله (I) وعند أي نقطة في جوار أي جزء منه تبعد عنه بمسافة مقدارها (r) بواسطة المعادلة التالية:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}.$$

عندها سيكون اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي **B** بجوار السلك المستقيم وعند أي نقطة منه عمودياً تماماً على المستوى المحدد بتلك النقطة وخط سير التيار. ونستنتج من ذلك وجوب اتخاذ خطوط الفيض للأشكال الدائرية ذات المراكز المتواضعة على مسار التيار داخل السلك الحامل له.

أما اتجاهها فسيتبع حينئذ (قاعدة أو قانون اليد اليمنى – Right Hand Rule) الذي ستتذكره من دروسك الابتدائية لمادة الفيزياء، والذي ينص على أنه **(إذا أشار إبهام يدك اليمنى إلى اتجاه مسار تيار في سلك، فإن اتجاه دوران أصابعك المطبقة سيحدد لك اتجاه خطوط الحقل المغناطيسي حوله).**

الحالـة الثانية: هي لاستخـدام ذات النموذج المبسط (الذي وضعـه كلاً من بايو و سفار) لحساب قيمة فيض الحقل المغناطيسي في مركز دائرة قطرها (R) يكوّنها سلك يمر خلاله تيار كهربائي قيمته (I). وكما يلي:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

وهنـا أيضا يصح تطبيق قاعدة اليد اليمنى فإذا أشار اتجـاه التفاف أصابعها إلى اتجاه التيار خلال دائرة السلك فسيدلك الإبهام على اتجاه مسار الحقل المغناطيسي داخلها.

وختامـا هنـاك أمثلـة خاصة أخـرى، وقوانـين مبسطة لحسـاب مقادير فيضـ الحقول المغناطيسيـة المتولدة فيها كمثل الأسلاك الغليظة جـدا والأسلاك الملتفة بدورات كثيرة جدا (Solenoid) والحاملـة للتيار والمسمـاة بالملفات الكهربائية (وهـي القلب النابض لكافة المحركات الكهربائية).

للفضوليين فقط:

• ظـل الفرنسيـون على اعتقادهم بـأن كافة النيازك خرافة وتطـيروا منها حتى استطاع (جين – بابتست بايو) من إقناعهم بأن مصدرها صخور هابطة من الفضاء الخارجي لاغير.

• أطلـق اسمه علـى خام (البيوتايت الأخضـر)[1] الذي اكتشـف في مخلفات حمم جبل (فيزوفيس – Vesuvius)[2].

(1) Biotite – عبـارة عـن خـام طبقي الترسب مـن مركبات السلكون ضمـن (عائلة الميـكا – Mica Group) شبه البلورية (بأشكال سداسية غامضة) وتجمع عدة عناصر متقاربة. صيغتها الكيميائية العامة هي: [$K(Mg, Fe)_3 AlSi_3 O_{10} (F, OH)_2$] (المترجم).

(2) أحد ثلاثة براكين موجودة في إيطاليا ويسمى بتلك اللغة (Monte Vesuvio) ويقع شرق مدينة (نابلس – Naples) كما يمتاز بأنه البركان الوحيد الذي ثار في قارة أوربا خلال المئة سنة الماضية. (المترجم).

• أمكــن إيجــاد تطبيق آخر لقانون (بايو - سافار) في حقل ديناميكا الموائع ولا سيما في تطبيقات ديناميكا الهواء التي لها علاقة مباشرة بتصميم الطائرات وقابلية مناوراتها.

• كان (سافار) سباقا في دراساته حول تكون الدوامات في الدم وانتقال أصواتها خلال الأوعية الدموية.

أقوال مأثورة:

- قـدم (فيلكس سافار - Felix Savart) وهو أهم عالم درس فيزياء تكوين الأصوات في النصف الأول من القرن التاسع عشر على الإطلاق، تفسيرا خلاقـا مبتكرا لطريقة توليد الصوت البشري. وذلك بمقارنة الحنجرة البشرية بصافرة استدعاء الطيـور - وهـي عبـارة عن أسطوانـة قصيرة سُدّت كلا فتحتيها بقطعة معدنية سميكة احتوت على ثقب صغير في وسطها والعجيب المبهـر في الموضوع أنه استعان - في تفسيره لمنظوره ذاك - بنموذج جبسي لحنجرة آدمية كان قد استخرجها من جثة ميت وعمل قالبا لها بنفسه!

هانكز وسلفرمن

Thomas Hankins and Robert Silverman، (Instruments and the Imagination)

مقتطف من كتابهما (الآلات والخيال).

- لعـل في عظمـة مـا توصـل إليه (نيوتن) وبُعـد أفـق استنتاجاتـه وعمـق تفكيره ما أَحبط - وإلى غـير رجعة - حـدود الفكر والخيال العلمي البشري، وعليه ستنهار الكلمات صرعى وتـذوب التعابير خجلى عن بيان عمق التأثير العظيم ومقـدار التحول الكبير الذي يمكن أن يحدثـه حسن الدراسة والتعمق في فهم واحدة فقط من أفـكار أو أعمال هذا المفكر العلمي العظيم والمراقب المدهش للطبيعة.

بايو

Jean- Baptiste Biot، Journal de Physique.

مقتطف من (نشرة الفيزياء).

– عاد العالم الفذ [جين – بابتست بايو (1774–1862) Jean–Baptiste Biot] الضليع بالعديد من حقول المعرفة والمساهم الجاد في الإضافة إليها إلى إيمان طفولته الصافي النقي بعد لقائه بقداسة البابا.

كريفز

Dan Graves، (Scientists of Faith، Forty-Eight Biographies of Historic Scientists and Their Christian Faith.

من كتاب (إيمان العلماء والسيرة الذاتية لثمانية وأربعين عالما وقصة إيمانهم المسيحي).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

[جين – بابتست بايو (1774–1862) Jean–Baptiste Biot] و [فيلكس سافار (1791–1841) Felix Savart] عالمان فيزيائيان شهيران، وضعا قانون (بايو وسافار) لتصرف الحقول المغناطيسية بجوار الموصلات.

لقد تمكن العالم الكيميائي والفيزيائي الدنماركي [هانز كرستيان اورستد Hans Christian Orsted (1777–1851)] في عام (1819) من اكتشاف حقيقة حيود إبرة البوصلة المغناطيسية حين وضعها بالقرب من سلك معدني أثناء إمراره التيار الكهربائي خلاله. وبعد ذلك بفترة قصيرة تمكن العالمان الفرنسيان (جين – بابتست بايو) و(فيلكس سافار) من تسجيل ملاحظتهما القائلة بتولد قوة مغناطيسية يسلطها أي موصل معدني يمر به تيار منتظم على أي مغناطيس يوضع جنبه. وبعد القيام بالعديد من التجارب تمكن الاثنان من التوصل إلى وضع صيغة المعادلة التي تعيّن مقدار شدة الفيض في الحقل المغناطيسي في أية نقطة في الفضاء المحيط بسلك معدني يمر خلاله التيار الكهربائي المنتظم الموجد لذلك الحقل.

وبناء على معادلتهما تلك وما توصلا إليه فإن مقدار شدة الفيض المغناطيسي المتولد في أية نقطة حول السلك الناقل للتيار الكهربائي المنتظم تتناسب عكسيا مع مربع المسافة الفاصلة بينهما.

ولد (جين – بابتست بايو) لعائلة ميسورة الحال في باريس، والده أحد رجال الأعمال الذي بذل ما في وسعه لتوجيه ميول ودراسة ولده لدخول عالم الأعمال والتجارة، فجلب

لـــه العديـــد من المدرسـين الخصوصيـين ودأب علـــى توجيهــه للاستـزادة مـن حصص الرياضيــات الإضافية في طفولتــه وشبابه. ولكن ما حــدث (لبايــو) كان نفـس ما حــدث للرياضـي اللامـع [دانيال برنولي (1782-1700) Daniel Bernoulli].

(انظـر مدخل (**قانـون برنولي لديناميكية الموائع**) في الجزء الثالث من هذا الكتاب) - فقد تمرد على إرادة والده ورغبته في اتخاذ سلك الأعمال والتجارة منحىً له في حياته.

لقــد كانت حياة (بايو) التعليمية والعملية حافلة حقا، فبعد إكماله لتعليمه في كلية (لويس العظيــم)، انضم إلى وحــدات الجيش الفرنسي الذي تركه بعد فترة خدمة قصيرة أداها ضمن سـلاح المدفعيــة. وبعد أن أنهى خدمته العسكرية التحق بالمدرسـة العليا (للبولي تكنيك) في باريـس، سُجن بعدهــا ولفترة وجيزة لمشاركته ضمن إحدى حـركات التمرد ضد الحكومة وسـارع بعد إطلاق سراحه للالتحاق بالمدرسة المركزيـة في (بيوفاز - Beauvais) كأستاذ للرياضيــات. وفي نفس عــام دخوله إلى سلك الأستاذية والتدريـس في سنة (1797)، تقدم للـزواج من الفاتنة ذات الستة عشر ربيعاً (انتونيا برايســن - Antonia Brisson) والتي أحبها وأحبته وطفق يُعلمها أصول الحساب وثوابت العلوم (إضافة إلى خوافي الحب وأسرار الهيــام بالطبع!). ترقى بعد ثلاث سنوات من ذلــك التاريخ حتى تسنم منصب الأستاذية في الفيزياء الرياضية في الكلية الفرنسية (La Collège de France).

اشتهـر في مناقشاته وإصراره علـى حقيقة منشأ النيازك ومصدرها وجاهد في ذلك جهاداً كبـيراً حتـى تمكن من إقنــاع علماء ذاك الزمــان إثر نشـر ورقته الشهيرة في عــام (1803)، والتـي شملت تقريراً مفصلا ضافيــا وافيا أثبت لهم فيها سقوطها من السماء، وقد كانوا قبل ذلــك يتطيرون منها ولم يكن أحد منهم يحسب تلك الفكــرة إلا ضربا من الشعوذة والخرافة والأساطير. وفي تلك الفترة كتب رئيس الولايات المتحدة (الثالث) آنذاك [توماس جيفرسن Thomas Jefferson (1826-1743)] رسالتــه الشهـيرة إلى عالم الطبيعيات الأمريكي (اندرو اليوت - Andrew Elliot) يقول له فيها ما يُظهر شكه بما جاء به (بايو):

((لقد دفعت دفقة الخيال بذاك (الفرنســي) إلى فقدانه لاتزانه وحكمته، لقد جســد له

خياله شيئاً لم ولا يمكن تصور حدوثه، لقد بلغ به اقتناعه الشديد وإيمانه العميق بما أنجز أن يقوله على الملأ بملء فيه وبجسارة وثقة منقطعتي النظير... أعتقد جازماً بأن كافة المشاهدات الطبيعية والتي توثقها العقول وتعمقها الخبرات لابد وأن توضع في كفة الميزان لقياس رجاحتها بالمقارنة بشهادة من قالها وبمقدار شعوره بالمسؤولية واحتمالية الخطأ وخداع الحواس، إضافة أي ميول سابقة له للكذب والرياء في الكفة الأخرى قبل قبول آرائه وتبني ما جاء به)).

أبحر (بايو) في عام (1804) مع زميله الكيميائي الفرنسي [جوزيف كاي – لوساك Joseph Gay – Lussac (1778–1850] على متن أول رحلة في منطاد، اصطحبا خلالها الكثير من الآلات والأجهزة العلمية والتي أعانتهما على إنجاز العديد مما خططا على إنجازه من التجارب. ارتفع الرجلان إلى ما يقارب الـ (13000 قدماً) وتأكد لهما من تجاربهما التي أنجزاها خلال تلك الرحلة، وعلى ذلك الارتفاع الشاهق بعدم تأثر المجال المغناطيسي الأرضي تأثراً يذكر بمثل تلك الارتفاعات الممكن تسنمها بواسطة المناطيد. وعمل الرجلان كذلك على جمع الكثير من المعلومات الخاصة بالتراكيب الكيميائية لطبقات الجو العليا وعلى مختلف الارتفاعات.

شملت تجاربه العديد من أوجه حقول الضوء وخصائصه، فقد تمكن في عام (1835) من إثبات قابلية المحاليل السكرية على إدارة مستويات الضوء المارة خلالها (أي استقطابها) كما أثبت أن لزاوية الدوران تلك علاقة طردية مباشرة مع مقدار تركيز المادة المذابة وهكذا تمكن من وضع استنتاجه القائل بإمكانية استنباط مقدار تركيز السكر في محلول بمجرد قياس درجة استقطاب الضوء المار خلاله، هذا كما تمكن من البرهنة على أن اتجاه استقطاب الضوء المار خلال المواد العضوية المختلفة كونه باتجاه أو بعكس اتجاه عقارب الساعة ليَعتمد اعتماداً أساسياً على مواصفات (المحور الضوئي – Optical Axis) لتلك المواد.

لقد شمل إبداع (بايو) ومساهماته العديدة من حقول المعرفة، كما أدلى بدلوه في الكثير من مناحي العلوم، وشارك في تقدم أخرى حتى بلغت قائمة طويلة ضمت الرياضيات التطبيقية

وعلوم الفلك والمطاوعة والكهربائية والمغناطيسية وعلوم البصريات والتعدين كما تمكن في عام (1847) من اكتشاف الصفات الضوئية والبصرية الفريدة لمادة (الميكا – Mica) وتُمِّنتْ جهوده وبحوثه في مجالات تلك المادة الخضراء بإطلاق اسمه على خامها ذي التركيب الكيميائي المعقد [$K_2 (Mg، Fe، Al)_6، (Si، Al)_8 O_{20} (H_2O)_4$].

لقد كان صاحبنا مؤلفا معطاء كثير الإنتاج غزير الأفكار، فقد عُرف عن (بايو) ابتكاره لأكثر من (250) عملاً شمل مختلف حقول المعرفة والمواضيع العلمية قبل وفاته عن عمر ناهز الثمانية والثمانين عاماً، ولعل أشهرها على الإطلاق كان ما نشره حول (الطروحات الأولية في مجالات الفيزياء الفلكية) وذلك في عام (1805).

شملت اهتمامات (بايو) وأبحاثه العديد الجم من مواضيع العلوم وحقولها، ولا يسعنا هنا إلا أن ندرج أمثالا مختارة، وننظر إلى أزهار منتقاة من أطياف اهتماماته وأعماله وإنجازاته المتخصصة... ومن بين الغزير المنشور من أبحاثه:

- كتب السيرة الشخصية لحياة (اسحاق نيوتن).
- درس خاصتي الانكسار والاستقطاب للضوء والصوت.
- درس ظاهرة السراب.
- قام بإجراء دراسة مقارنة بين خامي (الاراكونايت – Aragonite)[1] المعيني و(الكالسايت – Calcite)[2] سداسي الرؤوس.
- قام بتعيين دوائر وخطوط الزوال (Meridian) لمدينة باريس.
- درس تراكيب ومكونات الهواء المتضمن في أغشية سباحة (أي جُعب غطس) الأسماك

(1) Aragonite– إحدى خامات جذر الكربونات $(CO_3)^{-2}$ وثاني مركب (متعدد الأشكال – Polymorphs) لكربونات الكلسيوم (Ca CO3) إضافة إلى خام (الكالسايت – Calcite) ويختلف عنه بشكله البلوري. تمتاز بلورتد بأشكالها الإبرية المزدوجة والتي تعطي الانطباع بأنها بلورات شبه سداسية. وقد يوجد منها خامة على أشكال إبرية أو نسيجية أو أحيانا متفرعة (المترجم).

(2) Calcite – إحدى أهم مركبات مادة الكربونات (CaCO3) الكلسية وأكثرها تنوعاً في الشكل شيوعاً وتكون مع الـ (Aragonite) و (Vaterite) أهم أنواع كربونات الكالسيوم شيوعاً في القشرة الأرضية وفي البحار وقد لا يكتسب بعض منها شكلا بلورياً. (المترجم).

التي تعيش على سواحل (ابيزا – Ibiza) وجزر (الفورمنتيرا – Formentera).

- درس أسلوب انتقال الحرارة في القضبان المعدنية وطرق تمدد السوائل.
- استطـاع في عـام (1818) اشتقاق ما يسمى اليوم بـ (قانـون بايو لامتصاص الضوء) والـذي بيّن اعتماد درجة شدة ضياء الشمس على مقدار سمك الغلاف الجوي ويمكن كتابة القانون على الشكل التالي:

$$I' = Ie^{-kt}$$

حيث يمثل I – شدة إشعاع الشمس الساقط.

و I' – شدة إشعاع الشمس النافذ خلال و t – من مقدار سمك الغلاف الجوي.

و e – عدد يولر (Euler's Number)[1]

و k – معامل الامتصاص.

- وضـع قانون بايو للانتشـار الدائـري (Biot's Law of Rotary Dispersion) والذي يكتب رياضياً على الشكل التالي:

$$\alpha - k/\lambda^2$$

حيث يمثل α – مقدار زاوية دوران الضوء المستقطب.

و λ – مقدار طوله الموجي.

و k – ثابت التناسب.

(1) Euler's Number – عـدد لا اتجاهـي يستعمـل في حسابات جريان الموائع ويعبر عن العلاقة بـين هبوط الضغط في نقطة معينة على مسار مائع ما ومقدار طاقته الحركية بالنسبة لحجمه، ويستخدم لحساب مقدار الفقدان في (طاقة) الانسياب. يبلغ مقدار انسيابيه سائل عديم الاحتكاك تماما عدد اولر بقيمة = 1 (واحد صحيح) ويعبر عنه رياضياً كما يلي:

$$E_u = \frac{p(Upstream) - p(Downstream)}{\rho V^2}$$

حيث يمثل E_u – عدد يولر

و ρ – مقدار كثافة السائل

و V – مقدار إزاحة انسيابيته

p(Upstream) – مقدار ضغط السائل في أعلى مكان.

p(Downstream) – مقدار ضغط السائل في أوطأ مكان.(المترجم).

وكمثال على ذلك يمكننا ذكر أن مقدار إدارة زاوية استقطاب الضوء الناتجة بعد إمراره ضمن طبقة من مادة (الكوارتز – Quartz) سينقص تدريجياً كلما تغير لون الضوء المستعمل من الأرجواني إلى اللون الأحمر.

ذكر الرياضي وعالم الحاسوب الإنكليزي المرموق [شارل باباك Charles Babbage 1791-1871] الشيء الكثير عن دماثة خلق (بايو) وسعة صدره وتواضعه، وحتى في أحرج ساعات مرضه ما ثبّته في كتابه الموسوم: (رسائل وعظات من حياة فيلسوف) والذي جاء بـه:

((حدث في أواخر أيام (السيد بايو) أن قمت بزيارة لمدينة باريس، وقد ذهبت كالعادة – وحال وصولي إلى الكلية الفرنسية– للاستفسار عن صحة وأحوال (المسيو بايو) من خادمه الذي كان حزينا لسوء حالة سيده، وبعدها التمسته واستفسرت فيما إذا كانت حالته الصحية ستسمح له باستقبال صديق قديم جاء لإعادته. هُرع (بايو) بنفسه إلى الباب الذي أقف عنده – والظاهر أنه كان قد استمع إلى الجزء الأخير من طلبي الذي التمسته من الخادم – فهتف بوجه متهلل سعيد: (نعم يا عزيزي وياصديقي الكريم: نعم سأكون سعيداً جداً باستقبالك حتى ولو كنت أحتضر على فراش الموت!)).
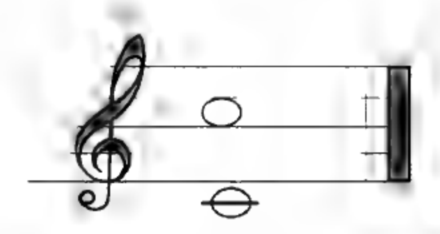
سميت إحدى فوهات القمر والبالغ قطرها (12 كيلومتراً) باسمه تخليداً لذكراه، وقد تمت المصادقة على هذه التسمية وبورك ذاك التكريم من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالمية في عام (1935).

ولد (فيلكس سافار – Felix Savart) في مدينة (مزيرية – Mezieres) بفرنسا، ولم يكد يشب حتى انبرى لدراسة الطب وتخصص به، ولما لم يكن يزوره الكثير من المرضى، فقد شغل أوقاته بإجراء التجارب على آلة الكمان وأُعجب بها، ونذر نفسه ووقته لدراسة ظواهر الصدى في الهواء وأصوات الطيور وخصائص الأجسام المتذبذبة. عمد – كأحد أهدافه الأساسية – إلى تقوية أصوات آلة الكمان الموسيقية وعمل على إنتاج آلات موسيقية أعلى صوتاً يمكن سماعها وتميزها ضمن الفرق الأوركسترالية الكبيرة وفي الصالات الموسيقية الضخمة.

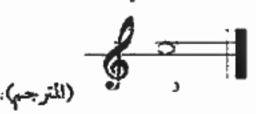
مارس التدريس في الكلية الفرنسية ابتداءً من عام (1828) وقام بالعديد من الأعمال

والاكتشافـات العلمية، فبالإضافـة إلى أعماله المشتركة مع صديقـه (بايو) في نطاق الحقول المغناطيسية، فقد عمل جاهداً لتخليد اسمه في عالم علوم الأصوات (Acoustics) وفعلا قام بالعديد من التجارب فيه، وسجل العديد من المشاهدات والملاحظات المهمة مثل تجاربه على الكمـان وأصواته، واختراعه للكمان (fiddle) معيني الشـكل وابتكاره لما عُرف (بقرص سافـار – Savart Disc)، وهو عبارة عن عجلة مسننة دوارة تصدر أمواجاً صوتيةً بذبذبة معلومـة، واخترع كذلك (قدح سافار – Savart Cup) وهو آلة مشابهة تكتسب ذبذبتها بواسطة قوس الكمان وتصدر صوتاً معيناً بنغمة خاصة.

أُطلـق اسمه علـى إحدى وحـدات القياس الموسيقية تخليـداً لذكراه واعترافـاً بأفضالـه. وتعرّف اليوم (وحدة السافار الموسيقية) بأنهـا نسبـة الذبذبات الفاصلة بين مختلف النغمات فعلى سبيـل المثال يوجد (301 سافاراً) في الاوكتاف الموسيقـي[1] الواحد. وإذا ما وصفت نغمة ما بأنها أعلى من التي تسبقها بسافارٍ واحدٍ فهذا سيعني بأن النغمة العليا ستتضمن ذبذبة تفـوق ذبذبة النغمة التي قبلها بما يساوي [2 مرفوعة الى القـوة 301/1، أي ($2^{1/301}$)] مرة عدد ذبذبات النغمة السابقة.



(1) Musical Octave – وهي الفسحة الزمنية الفاصلة بين ذبذبتين موسيقيتين بنصف أو بضعف الذبذبة، وهي ظاهرة طبيعية تسمى بمعجزة الموسيقى الأساسية وتستعمل لكتابة نوتات معظم الآلات الموسيقية، وهناك اوكتاف أعلى (8va) وأوطأ (8vb) كما يسمى بالكامل (P8) – كما يوجد الكامل (الربع) والكامل (الخمس) ويكتبان هكذا (P4) و (P5)، ويرسم الأوكتاف الكامل موسيقياً كما يلي:



(المترجم).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Babbage, Charles, *Passages from the Life of a Philosopher* (New Brunswick, N.J.: Rutgers University Press, 1994).

Bueche, Frederick, *Introduction to Physics for Scientists and Engineers* (New York: McGraw-Hill, 1975).

Consolmagno, Guy, and Martha Schaefer, *Worlds Apart: A Textbook in Planetary Sciences* (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1994).

Crosland, Maurice P., "Jean-Baptiste Biot," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Dostrovsky, Sigalia, "Félix Savart," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Graves, Dan, *Scientists of Faith: Forty-Eight Biographies of Historic Scientists and Their Christian Faith* (Grand Rapids, Mich.: Kregel Publications, 1996).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• يتضـمن قالب حلولنا لمشـاكل الحث انصـياعنا للقوانين الطبيعية المعترف بها والموجودة فعلا. لا يعني اعتبارنا لهذه القوانين احترامنا لها فقط لدقتها ونظامها في تفسير تصرف الأشياء (مهما كان الزمان والمكان الذي يتم فيه اختبارها) وحسـب، وإنما لحاجتنا لها كضرورة كونية لامناص لنا عنها. لا جرم في ذلـك، وخير ما يعبر عن تلكـم القوانين الكونية وغيرها هو إمكانياتها التامـة وقابليتها الموثقة على التنبؤ بتصرف الأشياء والأجرام بصورة منتظمة ممكنة الاستيعاب.

فوستر

John Foster، (The Divine Lawmaker، Lectures on

Induction Laws of Nature and the Existence of God).

مقتطـف مـن كتابه الرائع، (المبتكـر المقدس لقوانين الكون، محاضـرات في الحث الكهربائي وقوانين الطبيعة وتأكيد وجود الخالق (جل وعلا).

• تتشـابه الكثير من فصـول تاريخ العلوم مع مثيلاتها من فصول تاريخ الدين بكون الاثنين يعبران حقيقة عن تاريخ السـلطة والمال. ولكن هل لي أن أذكر خروقا لتلك القاعدة؟ وهل لي أن أصـفها بالقصة الناقصـة في التاريخ؟ بل هل من شـواذ لتلك القاعدة؟.... أجل فهناك العديد من (القديسـين الصـالحين المصـلحين) والذين توفرت لهم فرصـة لعب الدور الرئيس ضمن سياقي الدين والعلم وذلك بتجردهم

عن شهوتي السلطة والمال واستمرارهم في الصبر والتضحية والجهاد والعمل والبحث، هاديهم الوحيد وهدفهم الأسمى هو التقاط ذلك القبس المقدس وتلك اللحظة العابرة التي يتمكنون من خلالها وبواسطتها فهم وتذوق لمسة الجمال الغامرة التي تلف الكون.

دايسن

Freeman Dyson، introduction to John Cornwell's.

(Nature's Imagination، The Frontiers of Scientific Vision)

من مقدمته لكتاب (التصورات الطبيعية : مشارف المنظور العلمي).

• نتمتع - ومع الأسف الشديد - بمقدرة فذه ورغبة جامحة على اختصار كافة الاختراعات والإنجازات العظيمة في تاريخ البشرية إلى قائمة مبسطة من الأسماء والتواريخ والأرقام الإحصائية التافهة الأخرى. أناشد الجميع بتوخي الدقة في التعبير وابتغاء العمق في التحليل واستهداف الحكمة في الدراسة، عند ذلك فقط ستتمكن من إدراك عمق وثراء الكون الذي نعيش فيه وعظمة وتفاصيل وتنوع البيئة التي تحيط بنا. لا يكفي أن نتمسك بالأفكار فقط - على أهميتها - وإنما علينا أن ننظر بعيون رؤوسنا وعيون أذهاننا وضمائرنا أعمق إلى ما أحاط بالفكرة من سياق وما لفّ مولدها من أحداث وما مكن صاحبها من تجسيدها كحقيقة ملموسة فعلا.

هشت

Jeff Hecht، (More Than the Sum of Their Parts)، New Scientist، August 12، 2006.

من مقالته المنشورة بعنوان (الكل يساوي أكثر من مجرد مجموع أجزائه).

• لا شك أن ما يدفعنا إلى حقيقة توخي الدقة وابتغاء البساطة في اختيار وابتكار كافة قوانيننا الوضعية للطبيعة هو ذلك الشغف الأزلي بذاك الجمال السرمدي للكون، والنابع من تناغمه وتآلف كافة مكوناته ومكنوناته مع بعضها البعض. إن حقيقة ما يجسد الهدف الأسمى من سعينا وراء (الحقيقة)، ليس الحقائق النسبية التي نوجدها أو نبتكرها فحسب، وإنما هي بمدى إدراكنا وبمقدار تفهمنا لتناغم علاقاتها مع بقية موجودات الكون ذاته، وتناسقها مع عجائب مكنوناته.

برسك

Robert M. Pirsig، Zenard the Art of Motorcycle Maiutenance.

مقتطف من كتابه : (زين وفن صيانة الدراجات).

قانون فورييه للتوصيل الحراري

FOURIER'S LAW OF HEAT CONDUCTION

π ❋ فرنسا 1822:

يتناسب معدل سرعة الانسياب الحراري بين نقطتين في مادة طرديا مع الفرق بين درجتي حرارتيهما وعكسيا مع المسافة الفاصلة بينهما.

محاور ذوات علاقة:

رينية دسكارتيه (RENE DESCARTES)، واللورد كلفن (LORD KELVIN)، ونيكول دو كاريتيه كوندورسيه (NICOLAS DE CARITAT CONDORCET)، وانتوني لافوازييه (ANTOINE LAVOISIER)، واوليفر هفي سايد (OLIVER HEAVISIDE).

من أحداث عام 1822:

- أعلن عالم المصريات الشهير الفرنسي (جين - فرانسوا شامبليو - - Jean Francois Champollion) ولأول مرة نجاحه في فك رموز اللغة (الهيروغليفية) المصرية القديمة وذلك من خلال استعماله بما عرف بحجر رشيد (Rosetta Stone)[1]

- اقترح الرياضي والمهندس الميكانيكي الإنكليزي (شارل باباك - Charles Babbage) ولأول مرة في التاريخ الحديث بناء آلة تفاضلية أسماها - الآلة الحاسبة الرقمية - مختصة الأغراض. وكان قد حضّر لإنجازها ما ينيف على (25000) قطعة، ولكن رغم كل جهوده وإصراره، فشل بعد حين في بنائها.

(1) Rosetta Stone - هو حجر (رشيد) الذي اكتشفته حملة نابليون على مصر في عام 1799، والذي ساهم بدرجة كبيرة على حل وفهم ألغاز الكتابة (الهيروغليفية) المصرية القديمة بعد أن فك رموزه كل من العالم الإنكليزي (توماس يونك - Thomas Young) و عالم الآثار الفرنسي (جين - فرانسوا شامبليو - Jean - Francois Champillion) في عام 1822. والحجر عبارة عن مسلة يعود تاريخها إلى العهد (البطليسي القديم Ptolemaic Era -) وقد نحت عليها نصا بثلاث لغات مختلفة هي لغتين مصريتين قديمتين - الهيروغلوفية القديمة ولغة الديموتك - Demotic واللغة الإغريقية الكلاسيكية، نحتت تلك المسلة في حوالي العام (196) قبل الميلاد، وتستقر الآن (كغيرها من تحفنا) في المتحف البريطاني. (المترجم).

نص القانون وشرحه:

لاشك بأن الجميع قد لاحظ ارتفاع درجة حرارة الطرف المرئي من الملعقة الصغيرة المغمورة في قدح شاي ساخن. تضمنت هذه الملاحظة البسيطة انتقال كمية من الحرارة من طرف الملعقة الساخن إلى طرفها البارد بواسطة تبادل جزيئاتها في الطرف الأول لكميات من طاقتها الحركية والاهتزازية شيئا فشيئا خلال كامل طولها إلى طرفها الثاني بواسطة الحركة العشوائية لتلك الجزيئات. تنتقل الطاقة الحرارية دائما من الشاي الساخن إلى طرف الملعقة المغمور فيه وإلى طرفها الآخر، (أي من مجال درجة الحرارة المرتفعة إلى مجالها المنخفض) بواسطة عملية تسمى (بالتوصيل – Conduction).

يهتم قانون (فورييه) للتوصيل الحراري ويفسر طريقة انتقال الحرارة خلال المواد المختلفة، وينص على **تناسب انتقال فيض الطاقة الحرارية (أو جريانها خلال وحدة المساحة ووحدة الزمن) مع منسوب الفرق في درجات الحرارة**. ويمكن كتابته على الشكل التالي:

$$Q = -KA\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

حيث تمثل Q – هو مقدار الفيض الحراري ويعني مقدار انسيابية الحرارة في المواد (المختلفة) ضمن وحدة مساحتها وخلال الوحدة الزمنية المعلومة.

و K – ثابت التوصيل والذي يعتمد أساسا على طبيعة ونوعية المادة الموصلة المستخدمة قيد الدرس ودرجة حرارتها.

و A – مقطع المساحة السطحية المتوفرة لانتقال الحرارة.

و Δx – مقدار سمك المادة التي على الحرارة الانتقال خلالها.

و ΔT – مقدار الفرق في درجة الحرارة والتي على (الحرارة) الانتقال ضمن حديها.

أما العلامة السالبة الموضوعة أمام الحد الأيمن من المعادلة فتعني انسياب دفق الحرارة باتجاه الدرجة المتدنية.

لاحظ هنا أنه برغم ظهور معادلة انتقال وتوصيل الحرارة السابقة وكأنها تُعبر عن فعلها ضمن نطاق بعد واحد، إلا أن لها قابلية التعميم والتطبيق على حالات الأجسام ثلاثية الأبعاد إذا ما

تذكرنا تصور أسلوب انتقال الحرارة وانسيابها كقيمة اتجاهية تتدفق على ثلاث محاور هي السيني والصـادي والعيني (س، ص، ع). علما بأن تطبيقات هذا القانون غالبا ما تشمل أجساما على شكل صفائح من المواد، أو كميات من السوائل أو أطوال من أسلاك معزولة كهربائيا.

ولفهم ما سبق ولإدراك ما سيلي دعني أسوق لك المثال البين التالي:

لنفترض وجود قطعة قضيب معدنية معزولـة طولها (AB)، تمثل (A) إحدى نهايتيها، و (B) الأخـرى، والآن فإن معدل جريان (أو انتقال أو انسياب) الطاقة، والتي يمكن اعتبارها كشكل من أشكال التيار الحـراري (Heat Current)، سيتناسب طرديا مع مقدار الفرق بـين درجتي حـرارة (A) و (B)، وعكسيا مع المسافة الفاصلة بينهمـا. وبعبارة أوضح فإن (الفيض الحراري) موضـع البحث سيتضاعف بتضاعف مقدار الفـرق بين درجتي حرارة النهايتين (A) و (B) أو بانقاص طول القضيب (AB) إلى النصف.

والآن إذا مـا افترضنـا تمثيـل الحرف (U) لقيمـة توصيل مادة ذلك القضيـب، أي مقدار قابليتها وكفاءتها للتوصيل الحراري، فسنستطيع كتابة العلاقة التالية:

$$\boxed{U = \frac{K}{\Delta x}}$$

وعندها سنتمكن من إعادة صياغة (قانون فوريه) وعلى الشكل التالي:

$$\boxed{Q = -UA\Delta T.}$$

غالبا ما يزدوج امتلاك مادة ما لقيمة توصيل حرارية عالية مع امتلاكها لقيمة توصيل كهربائية عالية، وتعتـبر الفلزات من خير المواد الموصلة للحرارة. يشذ (الماس) عن تلك الخاصية، فهو يمتلـك قابلية توصيل عالية جـدا للحرارة تصاحبها قابلية متدنية جـدا للتوصيل الكهربائي. يحتل الماس مركز الصدارة في مقدار قابليته الفائقة في توصيل الحرارة يليه في ذلك وعلى سلم الموصلات الممتازة لها حسب ترتيب الأفضلية، كل من: أنابيب الكربون النانوية[1] ثم عنصر

(1) Carbon Nano – Tubes: هـي عبارة عن صفائح ترتبـط خلالها ذرات الكربون ببعضها البعض بأواصر أربعة متساوية في الموقع والاتجاه والقوة. وبالإمكان ليّها كي تتخذ أشكالا مختلفة وتعتبر مادة شبه موصلة يمكن تحوير تركيبها قليلا الحصول على مواد شبه موصلة ممتازة. تعتبر الخطوة الجديدة لتقنية كافة صناعاتها. (المترجم).

فلـز الفضة يليه النحاس ثم الذهب. ومن الأمثلة الملموسة الشائعة للموصلات الضعيفة جدا في توصيل الحرارة يأتي الخشب والزجاج والماء وحتى الهواء.

تمكن القابلية العالية للتوصيـل الحراري التي يتمتع بها الماس الحقيقي الخبراء – وباستعمال بعض الأجهزة البسيطة نسبيا – من اكتشاف الحقيقي منـه وتفريقه عن المقلد. هذا ويوجد فحص لا منهجـي وغير رسمي – إلا أنـه متبع أحيانا بين تجار الماس المبتدئين – وهو الذي يطلق عليه اسم الفحص بالنفس (Breath Test)، أما المبدأ الذي يستند عليه هذا الفحص فهو أيضا صفة التوصيـل الفائقة للماس للحرارة والتي تفوق أي مادة معروفة. يظهر (الماس الحقيقـي) دائم الـبرودة لأصابع اليد التـي تتحسسه، وهذا ما يجعل البخـار المنطلق من فم (الفاحص) تجاه قطعة منـه يتبخر عن سطحها بسرعـة آنية تفوق مثيلاتهـا المقلدات ويعود السبب العلمي لذلك إلى قابلية الماس الحقيقي الفائقة في تحويل وتوصيل حرارته إلى بخار الماء المتكثف على سطح قطعة منه فسرعان ما يختفي.

وكتصـور خيـالي (على الأقـل في الوقت الراهن، فـلا نعلم ماذا سيكسـب العلم غدا!!) وبسبـب قابلية (الماس) الهائلـة على التوصيل الحراري فلا من مسـوغ (علمي) يمنع اعتباره واستعمالـه لصناعة الرقائق الإلكترونية وذلك لأن خاصيتـه تلك ستساعد حتما على تبديد الحـرارة الناشئة من تشغيل تلك الرقائق. وإذا ما أيقنا ضرورة وأهمية وسرعة اتجاه الصناعات الإلكترونية عموما إلى التصغير والتصغير في كل شيء فان في إيجاد مادة أولية لصناعة الأجزاء الدقيقـة المتقاربة جدا، لها قابلية تبديـد الحرارة بتلك الكفاءة العالية التـي يتمتع بها (الماس) ستكون حلما عظيما بعيد المنال سيمكن تحقيقه، وذلك لأن مشاكل التسريب الحراري ومنع رفـع درجة حرارة الأجزاء الدقيقة جدا والتي تؤدي إلى تلفها الأكيد وبسرعة تكتسب أهمية بالغـة كلما أمعنـا في تصغير الدوائر الإلكترونيـة إلى المستويات الميكرويـة والنانونية. وكما ذكرت سابقا فإن هذا التصور لا يتعدى كونه تصورا خياليا بحتا (في الوقت الحاضر) بالنظر لارتفاع ثمن الماس والذي خير له أن يزين جيد مها مليحة حسناء، من أن يطمر ما بين أسلاك دقيقـة كأداء وذبذبات مبهمة صمـاء (في غياهب مكعب إلكتروني منسي داخل جهاز قد لا

يعـرف حتى اسمه إلا ما لا ينيف عن عدد أصابـع اليد الواحدة من عواجيز العلم أو معقدي التكنولوجيا والرياضيات!).

لا يـزال بعض العلماء واختصاصي المـواد وتكنولوجياتها يراهنون على إمكانية حل بعض التحديـات في مجال التصنيع وتقنية علوم المواد كي يتمكنوا من استخدام (الماس) كأحسن ما وضـع الإنسان يده عليه من مواد شبه موصلة وذلك سيعود للكثير من الأسباب ؛ منها قابلية اشتغـال ترانزستوراته في ظروف ومجالات حرارية لا يمكـن لأي مادة أولية أخرى الاشتغال ضمنها، إضافـة إلى تحمل المعالجات الإلكترونية المصنوعة من (الماس) ظروف اشتغال صعبة جدا وبكفاءة فائقة ضمن أطياف واسعة من ذبذبات التشغيل، إضافة إلى تمكنها التام من تبريد ذاتها بذاتها بسرعات تفوق بمرات ومرات قابلية الرقائق الاعتيادية المصنوعة من المواد الحالية. وكمثال واحد على كفاءة رقائق (الماس) ومدى تحملها لظروف اشتغال استثنائية، فقد وُجد أن للترانزستـورات الماسية التجريبية قابلية تحمل ذبذبات تفـوق (81 كيكاهرتز). ولإدراك ضخامـة هذا العدد وأهمية تلـك الصفة، لك أن تعلم أن نطاق تشغيل حاسبك الشخصي لا يتعدى (وحتى نهاية 2008، تاريخ طبع هذا الكتاب) تحمل وحدة معالجته لما يزيد عن ذبذبـة تتراوح ما بين (2 الى 3 كيكاهرتز) لا غير!

وعلى سبيل المقارنة فإن لرقائق السلكون المستخدمة حاليا في صناعة المعالجات الإلكترونية مشاكل حرارية قاتلة متى بلغت درجة حرارتها (أو درجة حرارة محيطها) ما يقارب الـ(100 درجـة مئوية) أو بحدود ذلك، أما المنتجات الماسية فلها إمكانيات تحمل حرارية تفوق الرقم المذكـور بعدة أضعاف دون أية مشاكل تذكـر. هذا وبالإمكان تحويل الماس العازل التوصيل للكهربائيـة إلى شبـه موصل (وهي المـادة الأساس لصناعة الترانزستـورات الإلكترونية على اختلاف أنواعها) بإضافة كمية قليلة جدا من عنصر البورون (Br) اليه، تعمل في داخل كيانه البلوري كمادة شائبة.

إن لاستخدامات (قانون فوربيه) اليوم مجالات واسعة متعددة ذوات أهمية فائقة إليك مثالا واحدا عليها ؛ وهو باستخدامه لدراسة وحساب قيم وكميات (فيض حرارة التربة) وذاك هو

حقل البحث الخاص بالعلماء المهتمين بمعرفة أسلوب توازن الطاقة ضمن نطاق سطح الأرض.

استخدم الفيزيائي الشهير الأيرلندي الولادة والسكوتلندي المقام [وليم تومسن William Thomson (1824–1907] والـذي غالبـاً ما يعـرف باســم (اللورد كلفن – Lord Kelvin] وهـو صاحب درجات الحرارة المطلقة، (قانــون فورييــه للتوصيـل الحراري) لتحديد عمر كوكبنا (الأرض)، والذي قدره بحدود ما بين (20 إلى 400) مليون سنة وهي الفـترة الزمنية اللازمة كي تبرد الأرض وتصل إلى درجة حرارة سطحها الحالية بعد انفصالها عن الشمس التي ماثلتها بدرجة حرارتها آنئذ. ولكن رغم جسارة وألمعية مثل تلك المحاولة، إلا أننـا نعلـم اليوم – وعلى وجه اليقـين – أنه قد أخطأ بحساباته كما أخطـأ بفرضياته وأن أرضا (فتية) كالتي اقترح عمرها (اللورد كالفن) لم تكن لتمتلك الوقت الكافي لإتمام تحولات التطـور والارتقاء التـي أدت إلـى نشوء ما عليهـا من أحيـاء ونباتـــات (هــذا إذا آمنـت أصـلا بصدق تلك النظريـة!!). يعود خطأ (كلفـن) بفرضياته وحساباتـه حسب مفهومنا اليوم لعـدم إدراكه وجود الفعالية الانشطارية الشعاعية للمـواد والعناصر المشعة والتي تزود الأرض بنظام تسخين داخلي ذاتي (هائل التأثير)... يُبطئ من سرعة تبدد حرارتها إلى الفضاء الخارجي المحيط بها من كل جانب.

في اليـوم الثامن والعشرين من شهر نيسان (افريـل) من عام (1862)، قدم (اللورد كلفن) مداخلته الخالدة الموسومة **(في سـبيل تفسـير علمي لظاهرة برودة كوكـب الأرض)** والتي كان قد ألقاهـا أمام المجمع الملكي الأسكتلاندي والتـي طُبعت كاملة في عام (1864) ضمن دورية (إنجازات المجمع الملكي الأسكتلاندي) وقد جاء فيهــا:

> **((لعل خير ما توصـف به نظرية (فورييه) الرياضـية المتعلقة بالتوصـيل الحراري كونها قطعة رائعة وعمل مدهش اختص بجانب مهم جدا من مجمل الظاهرة الكونية المعروفة باسم (تبدد الطاقة – Dissipation of Euergy)، تلك الخاصية الفريدة والتي تستوجب بلوغ التوازن من قبل أي نظام أو مجموعة أنظمة تعاني أو تحمل في طياتها أي اختلاف في درجات حرارتها. ذلك التوازن الذي لابد وأن يبلغ مرحلة المساواة المطلقة**

بغض النظر عن الفترة الزمنية اللازمة لبلوغها. قد تمتد تلك النتيجة الحتمية إلى ما هو غير منظور من اللامتناهي من زمن المستقبل، ولكنها ستنضم حتما إلى توصيفها العلمي بأنها دالة للزمن والذي وإن كان يمتد ويتوسع إلى اللانهاية في المستقبل إلا أنه لابد وأن يعود إلى نقطة بداية معينة محددة لحقبة زمنية قابلة للتحديد.

لقد سبق لي وأن اقترحت إمكانية القيام (وضمن المبادئ والقوانين المقبولة وتطبيقاتها) بمسح حراري أرضي تام سيمكننا - وهذا ما أطرحه اليوم - من تحديد نقطة الشروع لبداية فقدان أرضنا (التي نعيش عليها) لحرارتها الابتدائية عن طريق إشعاعها وتبديدها إلى الفضاء النجمي المحيط بها.

إن الغرض الأساسي لورقتي التي أطرحها عليكم اليوم - سادتي الأفاضل - هو محاولة تقدير وتعيين - ومنذ لحظة اكتساب الأرض لأعلى درجات حرارتها وإلى يومنا الحاضر - التاريخ التقريبي لبداية عملية فقدان الأرض لحرارتها، وهذا التاريخ وبالاستناد إلى (نظرية ليبنتز - Leibnitz's Theory)[1] سيكون الإيذان (بيوم) ميلاد تاريخها الجيولوجي...)).

للفضوليين فقط:

• قد يكون مصدر تسمية الماس (في أسواق الجملة التجارية) مجازا (بالثلج) عائدا إلى حقيقة برودة ملمسه بالنظر لقابلية توصيله الهائلة للحرارة والتي يمتاز بها مهما كان صُغر حجم (الماسة) الحقيقية التي قد نُسعد بلمسها يوما.

(1) هو [كوتفريد فلهلم فون لبنز (1646-1716)- Gottfried Wilhelm Von Leibniz]، فيلسوف ورياضي وعالم موسوعي ألماني كتب باللغتين الألمانية والفرنسية. احتل مكانة مرموقة في تاريخ الفلسفة والرياضيات ويعود إليه فضل ابتكار الحساب التفاضلي اللانهائي (Infinitismal Calculas) بنفسه مستقلا عن نيوتن. كما وضع (النظام الثنائي - Binary System) وهو أصل لغة كل الحواسيب في الوقت الحاضر وهو صاحب الرؤية الفلسفية المتفائلة بكون (خلق كوننا الحالي) هو على خير ما يمكن. (المترجم).

• لقد عرف (فورييه) دائما بسوء قابليته على تنظيم (حرارته الشخصية)، رغم اشتهاره، وعلى نطاق العالم بكونه خير خبير في طرق (تنظيم) وانتقال الحرارة وتوصيلها. لقد كان دائم الإحساس بالبرودة وحتى في أيام قيض الصيف الحارة، الأمر الذي وُصف معه بـ (العُصاب القسري)، فقد كان لا يكتفي بلبس العديد من الألبسة الثقيلة والقلنسوات، وإنما كان دائما ما يُرى حاملا أعدادا إضافية منها كاحتياط!!

• لقد نال التدمير العديد من نصب (فورييه) التكريمية وتماثيله، فاختفت من الوجود. لقد دُمر أحد تماثيله التي صنعها له المثال الفرنسي (بير الفونس فيزار – Pierre–Alphonse Fesard) خلال إحدى غارات الحرب العالمية الثانية على فرنسا، ونُهب تمثال برونزي آخر أقيم لتكريمه في بلدته (اوكزير – Auxerre) من قبل الجيش النازي الذي قام بصهره لصناعة الذخيرة.

• قضى أواخر أيامه حافظا نفسَهُ داخل صندوق أعانه على إسناد جسده الذي لم يعد قادرا على إسناد ذاته.

• كان أول من ابتكر إشارة تكامل الرقمين من ألف لغاية باء على الشكل التالي: $\int_{أ}^{ب}$

أقوال مأثورة:

– إن خير ما يدلك على أخصب حقول الاستكشاف الرياضي لهو دراستك المعمقة وملاحظتك الدقيقة للطبيعة... (ومن غيرها!!).

فورييه

John Morley، (Voltaire)، in Critical Miscellanies، 1872.

مقتطف من كتابه (منوعات حرجة)

– لقد أصاب (فورييه) عالم الرياضيات بصدمة عظيمة عندما توصل ومن خلال تبحره في علوم المثلثات إلى (متناقضة) في إحدى مراحل المساواة ضمن حيز معلوم ما بين بعض التعابير الجبرية والمنتمية إلى أشكال متغايرة. لقد كانت طريقته الرياضية الفذة في التوصل

إلى و(حياكـة) تلك (المتناقضة) من القوة والحبكة الأمر الذي استوجب مرور قرن كامل من الزمـان قبل أن تتمكن المعـادلات التفاضلية غير الخطية من استعادة التـوازن لـ... والثقة في أساليب الفيزياء الرياضية الذي تحداها هو (بأحجيته المتناقضة) تلك.

رافات وكنس

Jerome Ravetz and I. Grattan - Guiness. (Fourier). in Dictionary of Scientific Biogrophy.

في ملخصهما عن (فوربيه)، مقتبس من معجم سير العلماء الذاتية.

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولـد الرياضـي الفرنسـي [جين بابتسـت جوزف فوربيـه Jean Baptiste Joseph Fourier (1768–1830] في مدينة (اوكزير – Auxerre) المطلة على نهر (اليـون – Yonne) والتي عرفت بكاثيدرائيتها القديمة العريقـة. اشتهر فوربيه بكونه أحد أعـلام علمـاء (المصريات القديمة) وبتأثـيره العلمي البين على العديد مـن حقول الرياضيات والفيزيـاء وبابتكاره لمعادلته الشهـيرة المعروفة باسمه والمختصة بظاهـرة توصيل الحرارة في المواد الصلبة.

لقـد كان ترتيبه التاسع من بـين اثني عشر طفلا رُزق بهم والده مـن زواجه الثاني. اعتاش والـده (جوزف) من مهنة الخياطة وكان له من الأطفال ما مجموعه خمسة عشر من زيجتين. تـوفي والداه وهو بعمر تسع سنوات فتبنـاه ميتم المدينة الذي كان يديره قساوستها، ولكنهم سرعان ما دفعوا به إلى مدرسة عسكرية يديرها (الرهبان البندكتيون)[1]، وفيها ظهرت موهبته الرياضيـة وازداد شغفـه بها، فقد عُرف عنـه قضاؤه الساعات الطـوال في بهجة وحبور لا يوصفـان وهو يحل المسائل الحسابيـة والمعادلات الرياضية واحدة تلـو الأخرى على ضوء

(1) Benedictine Monks – وهـم أتباع مذهـب ديني ومنحى روحي مسيحي رهبني حسب تعاليم [بندكت (من نورسيا) النورسـي (547–480) Benedict of Nursia] والتي كتبت حوالي القرن السادس الميلادي للرهبان الطليان – وملخصه منح السيـد المسيح عليه السـلام لكافة أتباعه الخلود في النهاية، أعلن قديسا من قبل البابا (هـو نوريوس الثالث – Pope Honorius III) في عام 1220. (المترجم).

الشموع بعد أن يكون الجميع قد أووا إلى فرشهم وأسلموا أجفانهم للذيذ الكرى.

لما بلغ عامه الرابع عشر، كان قد اكمل دراسته للأجزاء الستة من كتاب (دروس في الرياضيات) لمؤلفه الرياضي المرموق [شارل بيزو (1730–1814) Charles Bezout]. ولما بلغ السادسة عشرة من عمره تمكن من اكتشاف البرهان لقاعدة (دسكارتيه – Descartes) لإشارات الأرقام، والتي تنص على ارتباط عدد الجذور الحقيقية الموجبة الموجودة في أي معادلة متعددة الحدود (Polynomial) بعدد مرات تغير إشارات معاملاتها المصاحبة للمجاهيل فيها، [فعلى سبيل المثال وفي عام (1637) كان دسكارتيه قد قال بوجود جذر موجب حقيقي واحد على الأكثر في متعددة الحدود التالية ($x^4 + 9x^3 - 4x^2 - x - 5$)] وسرعان ما قُبلت وانتشرت طريقة إثبات (المراهق فورييه) وأصبحت الطريقة النموذجية لذلك. وقد تمكن كذلك من تعميم قاعدة (دسكارتيه) التي تستعمل لتقدير عدد الجذور الحقيقية الموجودة ضمن عدد محدد من الحدود.

حاول قبل بلوغه سن العشرين الالتحاق بالسلك الكهنوتي وبدأ بالتدرب على ذلك، إلا أن الرياضيات كانت قد سلبت له لبه، فهام بها (ولا يجتمع حُبّان في سلك الرهبنة كما تعلمون)، وحينها كانت قد بدأت تختمر لديه الفكرة الجدية لمحاولة اضافة ما هو جديد ومبتكر بالفعل للمنظومة الرياضية الحصيفة، حتى بلغ به الأمر محاولة تشبيه نفسه بالعظماء ومحاولة السير على خطاهم والحذو حذوهم لبلوغ ما بلغوه، فقد كتب لأحد أساتذته يوما يقول:

> **((لقد احتفلت يوم أمس بعيد ميلادي الحادي والعشرين، ولكن ذلك لم يبعث شيئاً من السرور على قلبي، إذ إن العظماء من أمثال (نيوتن) و(باسكال) كانوا قد انتهوا – وقبل هذه السن من تسجيل أسمائهم في سجل الخالدين.)).**

وصل (فورييه) في أحد أيام شتاء عام (1787) الممطرة إلى رئاسة الكنيسة البندكتية في حرم القديس (بينو – سور – لور – St. Benoit – sur – Loir) على أمل إكمال الاستحضار اللازم له لإلقاء قسم الكهنوتية البابوية والانخراط في سلك الرهبنة، وخلال التحضير لذلك كان

يجمع الكهنة والرهبان بين الحين والآخر لتدريسهم مادة الرياضيات التي أحبوها بدورهم!!

ومع مرور الوقت وإدراكه لمسلكه الحقيقي في الحياة قرر التنازل عن أداء القسم فغادر رئاسة الكنيسة في عام (1789) غير آسف. لقد كان دائم الانشغال عميق الهيام أصيل الوجد بالرياضيات، ولا يمكن أن يجتمع حبان في قلب من يروم الانخراط في سلك الرهبنة قط!!.

اعتُقل وسُجن خلال فترة الثورة الفرنسية عند محاولته الدفاع عن الكثير من ضحايا (محور الشر والإرهاب)، فقد عمّت الفوضى في تلك الحقبة، الأمر الذي أدى إلى إرسال الآلاف إلى خشبات المقاصل بعد اتهامهم بمناهضة الثورة وإجراءاتها الجذرية الإصلاحية. سُجن أحد أبطال (فوربيه) وهو الرياضي [نيكولا دو كاريتا كوندورسيه Nicolas de Caritat Condorcet (1743-1794)][1] إثر تصديه للدفاع عن الثوريين الراديكاليين المعروفين باسم (الجاكوبنز - Jacobins)[2]

ومات في سجنه، كما رُفع بطل آخر من أبطال (فوربيه) - وأحد أهم أبطال الثورة الفرنسية، وهو العالم الجليل، الفيزيائي والكيميائي الشهير [انتوني لافوازييه - Antoine Lavoisier (1743-1794)] والموجد الحقيقي لعلم الكيمياء الحديثة - إلى خشبة المقصلة التي أطاحت برأسه. وقدسرت حمى القتل واستشرت الإعدامات من دون وازع من أي شيء على الإطلاق، الأمر الذي حدا بالفزع من الموت أن يتلبس صاحبنا والذي كان على قاب قوسين أو أدنى منه، ولكن التغيرات السياسية السريعة ما لبثت أن أودعت (فوربيه) والكثيرين غيره ممن كانوا مهددين بالموت إلى أحضان الحرية.

(1) هو [ماري جين انتوني نيكولا دي كاريتا - مركيز - كوندورسيه - Marie Jean Autonie Nicolas de Caritat، Marquis de Condorcet (1743-1794)] فيلسوف ورياضي وعالم سياسي فرنسي. اقترح مبدأ الانتخاب بطريقة عرفت باسمه، دافع عن الاقتصاد الحر، والتعليم الشعبي والدستورية والحقوق المتساوية للجميع وبضمنهم النساء والأقليات، ساهمت كتاباته في إذكاء عصر التنوير والنهضة والثورة الفرنسية. (المترجم).

(2) Jacobins - حركة ثورية (1789-1794) برزت خلال الثورة الفرنسية وتفصح بحرية عن آرائها وتمثل في فرنسا الحديثة وجهة نظر حكومة المركز وتناهض الأقليات ولغاتهم. (المترجم).

وفي عـام (1795) التحق بالهيئة التدريسية للمدرسـة العليا (للبولي تكنيك) في باريس. وفي عام (1797) خلف عالم الرياضيات الفرنسي المولد الإيطالي الجنسية (جوزف – لوي لاكرانـك – Joseph – Louis Lagrange) علـى كرسـي الأستاذيـة لمادتي التحليل والميكانيـك، وقد قُلِّـد (فوربيه) أخـيرا وسام المُحاضـر المتميز تقديـرا لكفاءته وجهوده العظيمة للعلم وفي التعليم.

كمـا تم استدعاؤه من قبل الحكومـة وصاحب الإمبراطور (نابليـون بونابرت) في حملته الشهيرة على مصر عام (1789)، وقام خلال السنوات القليلة التي تلت ذلك التاريخ بدراسة الآثـار المصرية التي شُغف بها ونـذر لها جل وقته. وقد قام بالإضافة إلى ما سبق بتحمل أعباء دبلوماسية وكان ضمن هيئة المناقشة والتعليق والمشاركة في الإنجاز الفرنسي العظيم حول كل ما أنجز اكتشافه من آثار، وما جرى رصده من تراث وما تم تسجيله من أحداث، وهو العمل الرائع الذي صـدر تحت عنوان (وصف مصر – Description de l'Egypte). وقد قام (فوربيه) فيه بتحرير الجزء المعني بتاريخ مصر.

بعـد رجوعه إلى فرنسا في عـام (1801)، أرسله(نابليون) إلـى منطقـة (كرينوبل Grenoble) وعينـه بمنصـب حكومـي أشـرف مـن خلالـه على عمليـات تجفيف المستنقعـات وإنشاء الطرق. واستمر طوال هذه الفـترة حبه للرياضيات وتطوير قابلياته وممارساته فيها.

كان قـد بـدأ أبحاثه ودراساتـه حول نظريتـه الرياضية في الحرارة حوالي عـام (1804)، واستطـاع إكمـال اطروحته المهمـة الموسومة (**حـول انتقال الحرارة في الأجسـام الصـلبة**) بعد ذلـك التاريخ بثلاث سنـوات أي في عام (1807). لقد استحـوذت فكرة الحرارة وانتقالها على تفكـير (فوربيه) واهتماماته فصار مهووسا بتفسير ووضـع المعادلات الخاصة بانتقالها خـلال الأشكال الهندسية المختلفة والتي تراوحـت ما بين المستطيلات والحلقات والكرات والأسطوانات وحتـى المخاريط. وقد تعمق في عمله ذاك حتى تمكن من الوصول إلى التعبير الرياضـي اللازم لبيان أسلوب انتقال الحرارة خلال صفائـح المواد الرقيقة جدا، والتي يمكن

اعتبارها أجساما ثنائية الأبعاد. لقد وضع معادلته بشأن ذلك بالصيغة التفاضلية التالية:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = k\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right).$$

حيث يمثل u – درجة الحرارة

في t – وقت معين

عند (y، x) – نقطة محددة على المستوى

هـذا وعادةً ما تُطرح المسائل الحسابية الخاصة بالحـرارة من قبل الباحثين على الرياضيين لحلهـا عنـد علمهم درجة الحرارة عنـد نقاط محددة على سطح مـادة مستوية وعند حوافها في لحظـة زمـن صفرية (t = o). يعود الفضل (لفوريـيـه) في استنباطه لمتوالية تحوي الحدود المثلثيـة المعروفـة (كالجيـب – Sine – والجيب تمـام – Cosine) لغرض حـل مثل تلك المسائـل. ولقد مكنت نظريتـه العلماء والباحثين اليوم من تحليل مديـات واسعة من الدوال بدلالـة (الجيب والجيب تمام)، وتلعـب (متواليات فورييه) هذه دورا مهماً في إيجاد الحلول باعتبارها الأداة الرياضية المناسبة في العديد من حقول الرياضيات والفيزياء.

ذكـر كـل من (جـيروم رافيتـز – Jerome Ravetz) و (آي كراتـان – كنز – I. Grattan – Guiness) في معجم (سير العلماء الذاتية) ما يلي:

> **((تـبرز أهمية الإنجازات التي توصـل إليها (فورييه) وتتجلى قوتها الرياضـية كأدوات جسورة وُجدت لتضع الحلول للمحاولات التي تولدت عنها متواليات متعددة طويلة والتي أوجدت بدورها مشاكل جديدة في أساليب التحليل الرياضي عملت على إذكاء وتشجيع القيام بالكثير من الأعمال الرائدة ضمن ذلك الاختصاص ولما تبقى من القرن التاسع عشر وما تلاه.)).**

يمكـن تلخيص موضوعات (فورييـه) السابقة وتطبيقاتها وأمثلتهـا بجملة واحدة بسيطة مفادها إمكانية إعادة صياغة أي دالة تفاضلية، ومهما كانت درجة تعقيدها او غرابة المنحنى المرسوم بموجبها إلى درجة لا بأس بها من الدقة (وحسب الرغبة) بوضع سلسلة من (الدوال

الجيبية والجيب تمامية) لها وإلى المدى الذي نبغيه لها.

فعلى سبيل المثال دعنا نمعن التفكير في تطبيق متوالية (فورييه) في مجال الصوتيات ونفترض وجود دالـة تكرارية رتيبة هي y (t)، والتي تمثل مقدار إزاحة جزيئـات الهواء المجاورة لآلة الكلارنيت الموسيقيـة أو الطبلة الاعتيادية. تمكننا متوالية (فورييه) من كتابة تلـك الدالة بدلالة الحدود المثلثية وكما يلي:

$$y(t) = \sum_{n} A_n \sin \omega_n t + B_n \cos \omega_n t.$$

بحيث تقابل وتساوي أقل ذبذبة زاوية (ω_1) الزمن الحقيقي اللازم للدالة الموجية y (t): والتـي تمثل مدى ومقـدار إزاحة جزيئـآت الهواء المجاورة لآلـة الطبلـة (Drum) أو الكلارنيت (Clarinet).

ومن الدالة الموجية السابقة [y (t)] وإذا كان [$\omega_1 = 2\pi/T$]

حيث (T) هي التكرارية الزمنية، فستعتمد القيم النسبية لكل من (A) و (B) على شكل الموجة ذاتها وكمثال أقل تعقيدا وأيسر فهما دعني أصور لك الشكل الموجي التقليدي والمسمى بموجه (أسنان المنشار) والتي تشبه بالضبط ما تبدو عليه حافه نصل أي منشار يدوي.

هنـا يمكننـا التعبير رياضيا عن تلك الموجة بدلالة حاصل جمـع ما لا نهاية له من الموجات الجيبية الاعتيادية البسيطة وعلى الشكل التالي:

$$y = 2y_0\left[\sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) - \frac{1}{2}\sin\left(\frac{2\cdot 2\pi t}{T}\right) + \frac{1}{3}\sin\left(\frac{3\cdot 2\pi t}{T}\right) - \cdots\right]$$

حيث (T) تعبر عن التكرارية الزمنية اللازمة لها (وهي Period) أما القيم الأخرى لـ (A) و (B) فتعتمد على شكل الموجة الصوتية المتولدة.

وهنا تمثل (yo) - مقدار إزاحة الموجة (أي قوتها وشدتها).

و (T) - تكراريتها (أي الزمن اللازم لإكمال موجة واحدة كاملة منها) - وهي الـ(Period).

كتب الفيزيائي البريطاني [السر جيمس جينز (1877–1946) Sir James Jeons] في دورية (العلم والموسيقى) يشرح أهمية ما توصل إليه (فورييه) قائلا:

((تتيـح لنا نظريتـه إعادة بنـاء أي منحنى مهما كانـت طبيعته وكيفمـا كانت طريقة

التوصـل إليه، ومهما كانت درجة تعقيده، وذلك عن طريق إسقاط أعداد كافية عليه من المنحنيات البسـيطة المتجانسة - باختصار يمكننا إعادة تشكيل أي منحنى بواسطة عدد كاف من الموجات الجيبية وهذا هو ما ابتدعه (فورييه).)).

وتضمنت أعمالــه الأخرى أبحاثا ناقشت العديد من المسائـل والأمور المتعلقة بالمحارير، وطـرق تدفئة الــدور وتحديد العمر التقريبـي لكوكب الأرض إضافــة إلى العديد من الطرق الحسابيــة والرياضية للتفريق بين الجذور الحقيقية والخياليــة لمختلف المعادلات وتحديد طرق تقنين زيغ القياسات المختلفة وإنقاص نسبة الخطأ فيها.

في عام (1808) أسبغ (نابليون بونابرت) عليه لقب (البارون)، وبعد ذلك بفترة خلع عليه رتبة (الكونت)، وفي عام (1817) تم انتخابه عضوا في الأكاديمية العلمية، وبعد ذلك انتخب لمنصب العضو العامل في المجمع الإمبراطوري للشؤون الخارجية.

وفي عــام (1822) تمكــن من نشــر نظريته الرياضيــة للتوصيل الحراري في المــواد الصلبة بالاستناد إلى معادلة تفاضلية بينت تناسب قيمة معدل انسياب الحرارة خلال وحدة المساحة العموديــة علــى المحور السينــي (X – axis) مع منسوب الحرارة [وهــو مقدار قيمة معدل التغيير في الحرارة، أو مشتقتها (dt / dx) في ذلك المحور].

ومــن المثـير والمدهش حقا أن (فورييــه) كان قد كتب وطور نظريتــه بالاستناد إلى (نظرية المائــع الحــراري – Caloric Theory) وهي نظرية مخطوءة أُثبــت بطلانها علميا وعمليا، وقــد كانت تنص على أن انتقال الحــرارة كان يتم عن طريق انتقال (نوع ما من المائع) العديم الــوزن وغير المرئي، هو المسؤول عن نقل الحرارة من جزء من أي مادة إلى أي جزء آخر منها أو إلى أيــة مادة أخرى. لقد أثبت (**قانون فورييه للتوصـيل الحـراري**) صحته نظريا ومختبريا رغم خطأ مفهومه عن (طبيعة) الحرارة، يثبت ذلك - وكما سبق الإشارة إليه وتوضيحه في مقدمة هذا الكتاب - بأن في إمكان القانون المعين تفسير جانب من جوانب الحقائق الكونية العاملة والمشاهــدة فعــلا، دون حاجة القانون أو واضعه إلى التطـرق إلى... أو معرفة (كيف) يعمل ذلك القانون أو (كيف)... أو حتى (لم) تتصرف الطبيعة بهذه الصورة دون غيرها.

وفي العشرينيات من القرن التاسع عشر (1820s)، بدأ (فورييه) بالتساؤل والتفكير عن ماهيــة الحرارة الأرضية، وكيف أمكن لكوكب (الأرض) الاحتفاظ بدفئه المناسب لتعميد وإسناد أنواع الحياة القائمة عليه. فلقد اعتقد علماء عصره بأن على الأشعة الحرارية المتولدة في الشمس والواردة إلى الأرض أن تنعكس عن الأرض وعن مسطحاتها المائية (كالبحار والمحيطــات) لترجع القهقرى وتُفقد إلى الفضــاء، أما (فورييه) فقد وافق على مبدأ فقدان جزء من الحرارة الشمسية الواردة إلى الأرض ولكنه اقترح أيضا احتمال عمل الجو المحيط بالأرضــ عمل البيت الزجاجي العظيــم (Greenhouse)، الذي يمتص كمية كبيرة من تلــك الحرارة، فقــط ليعيد إشعاعها مرة ثانيــة إلى الأرض التي يغلفهــا. وبناء على تفكيره الصائب المبدع والمبكر آنذاك يمكن اعتباره الأب الروحي، وأول من فكر بـ واقترح وجود (ظاهرة الاحتباس الحراري) التي تعاني من جرائها كرتنا الأرضية الأمرين اليوم[1].

سارت الشائعات بأنه كان قد أصيب (بلعنة الفراعنة) بعد مشاركته في حملة نابليون الفرنسية علــى مصــر، فلم يتعاف بعد رجوعه إلى بلاده عقب مشاركته تلك قــطُّ. فلقد أصيب محرار بدنه الداخلــي (بالعطل) فلم يعد قادرا على الاحتفاظ بحرارة جسده الطبيعية أبدا فكان دائم الشعور بالــبرد. من المنظور العلمي الطبي الحديث بإمكاننــا تشخيص حالة إصابته اليوم بانخفاض إفراز هرمــون الغــدة الدرقية (المكسوديمــا – Myxedema) كتفسير لما كان يعانيــه، فمن المعروف أن المصابــين بتلك الحالة كثيراً ما ينخفض منسوب معــدل الاستقلاب في أجسامهم الأمر الذي يخفضــ معه معدل ضربــات قلوبهم ويصيبهــم بالتلكؤ وبالبــطء في فعالياتهــم العادية كالمشي والحركــة إضافة إلى معاناتهــم المستديمة من الشعور بالبرودة الغامــرة وفي كل الظروف وضمن كافــة الأحوال. ولكن وعلى كل حال فما يهمنا من حال عالمنا الجليل (فورييه) أنه صار لا يُطيق الخروج إلا مُدججا بمعطف واحد أو اثنين مع حرصه الشديد على اصطحاب أحد خدمه ليحمل لــه (الثالث) عندما تحين حاجتــه إليه وكثيراً ما حدث ذلك. لقد بلغ شعوره بالبرد مرحلة مرضية

(1) (ولم تفلح حتى– Hopenhagen 2009 – في إعادة الأمل إليها).(المترجم).

ألزمته بيته فلم يغادره أبدا وإنما حرص على تدفئته صيفا وشتاء والبقاء فيه حتى وافاه أجله المحتوم وطويت صفحة حياته في أحد أيام عام (1830) إثر إصابته بنوبة قلبية مفاجئة. وقُبيل رحيله إلى العالم الآخر ترك (فورييه) رسالة واضحة عنونها إلى أحد أصدقائه المقربين إليه يخبره فيها بأنه صار يرى (ضفة النهر الأخرى)، والتي يوشك أن يعبر إليها وأنه بدأ يشعر بعلامات (شفائه) من الحياة واستعداده للانتقال إلى حيث لا مرض ولا سقم ولا عين رأت ولا أذن سمعت...

وصف المؤلف (كيل اي. كرستنشن – Gale E. Christianson) واضع كتاب (**البيت الزجاجي: قصة المتتي عام من ظاهرة الاحتباس الحراري**) حالة (فورييه) وقد حبس نفسه في صندوقه الخشبي لا يبارحه لأن تلك كانت الطريقة الوحيدة المعروفة آنئذ لإسناد جسده المتهالك جراء شيخوخته، قائلا:

> **((لقد وجد مبتكر أصل وصاحب نظرية (الاحتباس الحراري) نفسه محبوسا وبإرادته داخل صندوق خشبي استخدمه لإسناد جسمه المتهالك ومفاصله التي لم تعد قادرة لا على التمفصل ولا على الحركة ولا حتى على إسناد ثقله بفعل داء الروماتسزم المزمن الذي فت عضُدها وأوهن قوتها فلم تعد تجد للحركة الطبيعية سبيلا. لقد كان ذلك الصندوق وسيلته الوحيدة لإبقاء جسده مستقيما ويداه (اللتان وضع لهما فتحتان في جانبيه كي تخرجان منه) مستقلتين قادرتين على الإجابة على العديد الجم من الخطابات والاستفسارات التي كانت ترد وباستمرار إلى السكرتارية الدائمة للأكاديمية العلمية والتي حظي هو بشرف رئاستها.)).**

لقد شابهت حالة (فورييه) وحبه الجنوني للحرارة مواصفات وحب رياضي وفيزيائي ومهندس كهربائي عريق آخر هو الإنكليزي [اولفر هيفي سايد (1924-1850) Oliver Heaviside] لها. لقد نال (هيفي سايد) – بعد تفوقه على كافة منافسيه- (جائزة نوبل) في الفيزياء لعام (1912). ومن بين الإنجازات المتميزة له وضعه للأسس الرياضية الرصينة التي بُنيت عليها نظريات تصميم الدوائر الكهربائية الحديثة، وطرق تحليل القيم الاتجاهية للظاهرة الكهرومغناطيسية. ومن النتائج العملية لنجاح تفكير (هيفي سايد) وصلابة نظرياته تمكننا اليوم من إجراء المحادثات الدولية البعيدة عبر الهواتف الثابتة والنقالة.

لقــد أحب، بل عشق (هيفي سايد) العمل في الأجواء بالغة السخونة داخل الغرف الحارة المنارة بمصابيح الزيت وذوائب دخانها. وصف أصدقاؤه منطقة عمله - بالنظر لسخونتها - بأنها كانت (أحــر من جهنم)!! ومن المؤسف أن يذكــر التاريخ لنا تأزم حالته وزيادة ولعه بالحرارة إلى الدرجة التي فاقت معها مقادير استهلاكه للغاز الحدود المعقولة وذلك نتيجة لتركه المشاعل والمدافئ مولعة لفــترة (24 ساعــة) يوميا ولـ (365 يوما) في السنة. لقد بلغ ولع (هيفي سايد) بالحرارة والعمل في الجو الحار درجة لا معقولة استعر معها شجاره مع شركات الغاز حول تقصيرهم تجهيزه بحاجته من الغــاز من ناحيته، وبالتهديد بمقاضاته لعدم دفعــه للفواتير الهائلة المتراكمة في ذمته من ناحيتهم... لقد بلغ استهلاكه من الغاز رقما فلكيا مبالغا فيه قارب الـ (800000 قدماً مكعباً) سنوياً.

لم تُقبل كافة نظريات (فورييه) الرياضية وآراؤه بشأن العديد من الظواهر التي عالجها رغم جديتها ونبوغها لسبب قد يعزى إلى إخفاقه في تقديم الدعم الرياضي الموثوق والبرهان القاطع المقبول على صحتها. توقع مؤلف كتاب (**الكيمياء الفيزيائية للجزيئات العملاقة**) وهو الكاتب (اي. اف. صن- S. F. Sun) معاناة (فورييه) ونكاية زمانه به رغم عبقريته وإمكانياته حين كتب يقول:

((لفورييــه كامــل الحق أن يموت كمدا وأن يُعتصر قلبــه قبيل وعند وفاته حسرة على ما فرط أصــحابه وزملاؤه في حقه، فهو لم ينل لا الاحترام ولا الشهرة التي كان يستحقها لقاء إنجازاته الرياضية. ولكن ما لم يحصل عليه في حياته ابتدأ يحصده بعد وفاته ولو بعد فوات الأوان... نعلم اليوم ونقر بفضل (فورييه) ومتوالياته في تطوير أساليب التحليل الحديــث والتي صــارت تلقى من الرواج والتقدم (بعــد إدراك فوائدها) ما يلقاه تطور ونمو علوم الحاسب الآلي من الرواج والتقدم. لقد أدركنا اليوم أهمية ما ابتكره (فورييه) من التداخلات والتفاضــلات التــي تحمــــل اسـمه (Fourier's Integral)[1]

(1) و (2) Fourier's Integral + Fourier's Transform - هي طرق رياضية ابتكرها وحملت اسمه تعمل على تحويل دالــة معقــدة بمتغير حقيقي إلى أخرى أبسط وتستعمــل في معالجة الإشارات حيث أساسها هو الزمــن (Time) وقد يكون أساسها (الذبذبة - Frequency Domain). (المترجم).

والتحـولات (Fourier's Transform)[2] والتي أمكن اشـتقاقها مباشرة من متوالياتـه (Fourier's Series)[3] وأهميتهـا جميعـا في كافة حقول التكنولوجيا كالهندسة والفيزياء والكيمياء وعلوم الأحياء والطب)).

لخص الكاتب (ايوان جيمس – Ioan James) بكفاءة واقتـدار إنجازات (فورييه) في كتابه القيم (فيزيائيون متميزون) حين قـال:

((طـوال حياته وخلال كافة أعمالـه لم يجاريه أحد في كفاءته، في ربح إخلاص وتقدير أصـدقائه وتلامذته الذين يصـغرونه عمـرا، فلقد كان مثالا للتضـحية والإيثار وحب مساعدة الغير والوقوف إلى جنبهم في محنهم وأزماتهم...هذا من الناحية الإنسانية، أما من الناحية العلمية فقد بزّ الجميع بإنجازاته الفذة ولا سيما في دراساته حول طريقة انتشار الحرارة وأبحاثه وأفكاره في اسـتنباط وتطوير السـبل الرياضية لدفع تلك الدراسات قُدما إلى الأمام.... لقد وهبه الله (عز وجل) ملكة خارقة استثنائية في السيطرة وامتلاك نواصي الأساليب التحليلية في الرياضيات، أما السر وراء نجاحاته المثيرة والخالدة، فقد كان تمتعه بالإضـافة إلى كافة مواهبه الأخرى بقوة الإرادة والتصـميم المفعمة بالحدس العلمي في حقلي الفيزياء والرياضيات)).

سميت إحدى فوهات القمر والبالـغ قطرها (51 كيلومترا) باسمه تخليدا لذكراه وتثمينا لأعماله، وتم إقرار ذلك في عام (1935) من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين. لقد اختـار (كوستاف ايفـل – Gustave Eiffel) مهندس وصاحب فكرة نصب (برج ايفل) المسمـى باسمه، اسم (فورييه) من ضمن أسماء علماء فرنسا البارزين الاثنين والسبعين الذين قـرر تخليدهم بحفر أسمائهـم على روافد البرج المذكور. [انظر (قانـون كولوم للكهربائية المستقرة) في الجزء الثاني من هذا الكتاب.

---

(2) (3) Fourier's Series – هي طريقة رياضية لتحليل دالة متواترة (Periodic) أو إشارة متكررة (Periodic Signal) رتيبه إلى مجموعة من الدوال الجيبية البسيطة، وضعها أصلا لحل مسائل انتقال الحرارة في المسطحات المعدنية.(المترجم).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Christianson, Gale. *Greenhouse. The 200-Year Story of Global Warming* (New York: Walker & Company, 1999); see www.nytimes.com/books/first/c/christianson-greenhouse.html.

James, Ioan. *Remarkable Physicists: From Galileo to Yukawa* (New York: Cambridge University Press, 2004).

Jeans, James, *Science and Music* (New York: Dover, 1968).

Jiji, Latif, *Heat Transfer Essentials: A Textbook* (New York, Begell House, 1998).

Ravetz, Jerome, and I. Grattan-Guiness. "Fourier," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Smith, Eric J., "81GHz Diamond Semiconductor Created," *Geek News*, August 27, 2003; see www.geek.com/news/geeknews/2003Aug/gee20030827021485.htm.

Sun, S. F., *Physical Chemistry of Macromolecules: Basic Principles and Issues* (Hoboken, N.J.: Wiley, 2004).

Thomson, William (Lord Kelvin), "On the Secular Cooling of the Earth," *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 23: 167-169, 1864; read April 28, 1862; see zapatopi.net/kelvin/papers/on_the_secular_cooling_of_the_earth.html.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• ما الذي يدفع الكواكب للدوران حول الشمس؟ سؤال وجيه ومحير في نفس الوقت!! لقد وجد عامة الناس في زمن (كبلر – Kepler) الجواب الشافي الكافي (لهم آنذاك) فآمنوا بوجود الملائكة العظام الذين لا يكفون عن الضرب بأجنحتهم لتوليد التيار الهوائي اللازم والكافي لإدامة حركتها في مداراتها. وكما ستتعلم لاحقا، فإن هذا الجواب لم يكن ليجافي الحقيقة كثيرا، سوى أن على الملائكة (بتصورنا الحديث) أن توجد في الاتجاه المعاكس وأن على أجنحتها أن تدفع بقوتها إلى الداخل.

فاينمن

Richard Feyuman، (The Character of Physical Law)

مقتطف من كتابه (مواصفات القانون الفيزيائي).

• لو افترضنا الإمكانية الخارقة لقوانين الكون والطبيعة على تحويل الذرات والجزيئات إلى حياة ابتدائية، ومن ثم نقلها وبعد مراحل كثيرة إلى كائن عضوي عاقل... بمعنى إمكانية استخراج الحياة

المعقدة العاقلة (كالعقل البشري) من مزيج بدائي كربوني بسيط كنتيجة متأتية عن مسبب لسبب (كان يأمرونهن بقولهم اصنعوا الحياة!)...فهذا سيعني أن لقوانين الكون قابلية خلق من سيفهمها.

دافيز

Paul Davies، (The Fifth Miracle).

مقتطف من كتابه (المعجزة الخامسة).

• هنالك في مكان ما من ذلك (الفضاء) المحيط العظيم البعيد الأفق حتى اللانهاية... وما بين ظلمات أمواجه الحالكة والحاجبة لأي ومضة نور (عنا... وفي الوقت الحاضر على الأقل) تقع الحقيقة... وما بين صحف أسفارها تقبع الإجابات الوافية لكافة أسئلتنا عن الكون والخليقة والحياة... وفي اليوم الذي نصل فيه إلى هناك ونروي ظمأ جهلنا من مياه معرفة كوثرها الرقراق، عندها سننتشي بالحقيقة التي طال بحثنا عنها... ولكن بعد أن نفيق من سكرتنا بها ستتجلى أمامنا أسئلة جديدة بأبعاد وليدة لم تكن لنا مجرد إمكانية تصورها ولا ملكة تخيلها من قبل... وسننظر إليها وننتظر حيارى كحيرة (دودة الأرض) اليوم وهي تحاول جاهدة سبر أغوار أذهاننا ومحاولة فهم شعورنا ونوايانا وتفكيرنا الآن... ولكن دون أي طائل وبلا أدنى جدوى.

دايسون

Freeman Dyson، (Science & Religion، No Ends in Sight)

Newyork Review of Books

مقتطف من كتابه: (العلم - الدين - لالقاء في الأفق المنظور).

قانون أمبير للكهرومغناطيسية ودوائرها الكهربائية

AMPERE'S CIRCUITAL LAW OF ELECTROMAGNETISIM

π فرنسا، 1825:

تتناسب كمية الدوائر المغناطيسية المحتثة في الفضاء الحر المحيط بمسار تيار كهربائي مع مقداره المار خلال السطح المحيط بمساره، والمراد قياس كمية فيض مغناطيسية تلك الدوائر حوله، أي تتناسب كمية تلك الدوائر ذوات المراكز المتحدة المتوضعة على طول السلك الموصل للتيار الكهربائي مع قيمته.

محاور ذوات علاقة:

قانون بايو-سافار (BIOT-SAVART LAW)، ومعادلات مكسويل (MAXWELL'S EQUATIONS)، وهانز اورستد (HANS QRSTED)، وجوزف هنري (JOSEPH HENRY)، وميشيل فراداي (MICHAEL FARADAY)، و جين - بابتست بايو (JEAN-BAPTISTE BIOT)، وفيلكس سافار (FELIX SAVART).

من احداث عام 1825:

- حصلت بوليفيا على استقلالها من البيرو.

- تم افتتاح قنال إري (Erie Canal) التي وفرت الممر المائي من منطقة الباني (Albany) في نيويورك إلى بحيرة (إري) وبذلك تم ربط البحيرات العظمى مع المحيط الأطلسي.

- أقر القانون الفرنسي اعتبار تدنيس وانتهاك المحرمات إهانة كبرى ووافق على سن أشد العقوبات بحق مقترفيها.

نص القانون وشرحه:

لم تكن العلاقة الطبيعية بين المغناطيسية والكهربائية قد عرفت بعد قبل عام (1819)، عندما اكتشف الفيزيائي الدنماركي [هانز كرستيان اورستد (1777-1851) Hans Christion Qrsted]

انحراف إبرة البوصلة المغناطيسية عند وضعها بجانب سلك كهربائي ومن ثم إمرار التيار خلاله وقطعه عنــه. وعلى رغم الجهل التام آنذاك بماهية المغناطيسية أو تأثيراتها إلا أن تلك التجربة البسيطة كانت قد فتحــت بابا كبيرا وكتبت عنوانا عريضا مفاده وجود العلاقــة الوطيدة (وبشكل ما) ما بين الظاهرتين، ولقد صدّق العلم ما ذهب إليه حدس العلماء فسرعان ما تجمعت الاختراعات والاكتشافات التي تؤكد ذلــك وتؤيده وتستفيد منه مثل التلغراف والمذيــاع والتلفزيون والحاسوب. لقد أذكت الورقة القصيرة التــي نشرها (اورستــد – Qrsted) في عام (1820) والتي ضمنها ملاحظاتــه وما توصل إليه شعورا خاصا لدى الفرنسيين الذين أصلا كان قد تولد لديهم اهتمام عجيب وهوس غامر بظاهرتي الكهربائية والمغناطيسية، ونتيجة لذلك فقد تكاملت العديد من التجارب والملاحظات خلال الفترة الزمنية الواقعة مــا بين عامــي (1820–1825) ولا سيما تلــك التي قام بها على وجــــه الخصـــوص الفيزيائـــــي الفرنســـــي [اندريــــه – ماري امبير (1775–1836) Andre- Marie Ampere] وآخرون والتــي أثبتــت تولد حقــل مغناطيسي حــول كل سلك معدني يمر خلالــه تيار كهربائــي. ويطلق اليوم علــى تلك العلاقــة البسيطة وذلك الاكتشــاف البين بالإضافــة إلى كافة متعلقاتــه ونتائجه، من خلال وبواسطــة الأسلاك المعدنيــة الموصلــة اســـم (قانون امبير للكهرومغناطيسية Ampere's Law of Electromagnetism).

وإليك بعض الأمثلة والتوضيحــات: يتولد حقل مغناطيسي قيمته (**B**) يحيط بكل سلك يمــر عبره تيار كهربائي ما مقــداره (I). (ويعني استعمال الحروف الثخينة أن تلك القيمة هي مقــدار اتجاهي تتضمن مقدارا واتجاها في عين الوقت). وتتناسب قيمة (**B**) مع مقدار التيار (I) المار عبر السلك وتكون دائرة وهمية نصف قطرها (r) ومركزها في وسط السلك المعدني الموصل الناقل للتيار. وبعد القيام بالعديد من التجارب؛ استطاع (امبير) وغيره إثبات حقيقة قابليــة الأسلاك التي يمر عبرها التيار الكهربائي على جذب برادة الحديد إليها (... وبناء على ذلك تقدم امبير بنظرية مفادها إمكانية اعتبار التيار الكهربائي مصدرا لتوليد المغناطيسية).

وللمهتمين منكم ولمن قد قام ببعض تجارب الكهرومغناطيسية البدائية المبسطة مثل لف سلك معزول حول مسمار حديدي ومن ثم إيصال طرفيه إلى قطبي بطارية، ففي تلك التجربة البسيطة

تحقيــق لمــا كان **(امبير)** قد قام به فعلاً في بادئ الأمر. وباختصــار فإن ما قام به كان إثباته للعلاقة مــا بين أي حقــل مغناطيسي وبين التيار الكهربائــي الذي ولّده. وهذا القانــون، شأنه شأن أي قانون آخر تضمنته صحائف هذا الكتاب، له تطبيقاته العملية والعلمية التي تتعلق بفهمنا وبنائنا للمغانيط الكهربائية والمحركات والمولدات والمحولات التي يكون الكهرباء أساسا في تشغيلها.

يمكننــا كتابة **(قانون امبير)** بأشــكال متعددة، ولكن أشهرها هو الــذي يحتوي على إشارة التفاضل كما في المعادلة التالية:

$$\oint_{s} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I_{enc},$$

حيث تمثل **B** - الحقل المغناطيسي

و **s** - هي المجال الدائري المغلق له

و μo - ثابت المغناطيسية ويعرّف بالنفوذية خلال الفضــاء الحــر ويساوي ($\oint_{s}$) والـ (Wb) - هــو اختصــار لوحــده (الويــبر - Weber) وهي الوحدة التي يقاس بها مقدار الفيض المغناطيسي و (A) - هي وحدة الامبير.

و Ienc - مقدار التيار الكهربائي الذي يحويه أو يتولد منه منحنى خط الفيض المغناطيسي S.

وتستنتــج من وضع المعادلة حقيقــة تناسب عدد خطوط فيض الحقل المغناطيسي حول أي نقطــة عشوائية يمكن اختيارها على خط مسار التيار، مع خالص مقدار التيار الكهربائي المار في تلــك الدائرة المغلقة. ويمكن استخدام **(قانون امبير)** لتعيين وحساب مقدار فيض أي حقل مغناطيسي سواء كان متولدا خارج سلك مستقيم طويل أم داخله.

ولاشك أنك قد لاحظت عنوان هذا المدخل وعرفت أن المسمى الآخر **(لقانون امبير)** هو **(قانون امبير للدوائــر الكهربائيــة)**، ويعود سبب ذلك إلى حقيقة كون القيمة الاتجاهية في حل عن حدود نصف قطر المسار الدائري حول السلك وتمتاز بثباتها لقيمة S مادام التيار المار في السلك المعدني الموصل ثابتا.

تمكن عالم الفيزياء السكوتلاندي [جيمس كلارك مكسويل (1831-1879) James Clark Maxwell] مــن تنقيــة وتطوير هذا القانون وجعله أكــثر كفاءة في التعبير عن العلاقة ما بــين الحقول المغناطيسية وبين مقــدار التيار المتواجد في المكثفات الكهربائية، وفيما يلي جــزء من مجموعة المعادلات التي اصطلح على

تسميتها (بمعادلات مكسويل):

$$\oint_s \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I_{enc} + \frac{d\Phi_e}{dt},$$

وفي المعادلة السابقة يمثل الرمز (Φ_e) مقدار الفيض الكهربائي خلال السطح. ويمكن إعادة صياغة ذات المعادلة بشكل تفاضلي آخر هو:

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

هنا يمثل $\vec{J}$ – مقدار كثافة التيار الكهربائي.

هذا وقد أثبت مكسويل كذلك أن أي تغيير في الحقل الكهربائي سيولد حتما تغيرا معلوما في الحقل المغناطيسي المصاحب له حتى لو حدث هذا التغيير في الفضاء الخالي.

لقد توالت وتواترت الاكتشافات وظهرت الكثير من العلاقات ما بين الكهربائية والمغناطيسية، ولا سيما تلك التجارب التي قام بها العالم الأمريكي [جوزف هنري (Joseph Henry (1797-1878)] والعالم البريطاني [ميشيل فراداي (Michael Faraday (1791-1867)] و [جيمس كلارك مكسويل James Clark Maxwell].

ولم يكد يمضي شهر واحد على وصف العلامة (اورستد – Orsted) لمشاهداته حول تأثير التيار الكهربائي على تصرف إبرة البوصلة حتى شرع كل من الفيزيائي الفرنسي [جين بابتست بايو (Jeam Baptiste Biot (1774–1862)]، وزميله الفيزيائي الفرنسي [فيلكس سافار (Felix Savart (1791–1841)] بدراسة العلاقة ما بين التيارات الكهربائية المارة خلال الأسلاك والتأثيرات المغناطيسية التي تنتجها جراء ذلك. لقد تمت الاستفادة من قانون (بايو – سافار) [والذي كنت قد أفردت له مدخلا خاصا له في هذا الكتاب – انظر صفحة (459)] من قبل (امبير) نفسه. ومن الجدير الإشارة هنا إلى أنه رغم عمومية **(قانون امبير)** ونجاحه في وصف التيارات المنتظمة، ورغم إمكانية تطبيقه – وبكفاءة عالية – على مسارات بسيطة للتيار الكهربائي، كتلك التي تستوجب حسابه لحقل متواضع في... أو عند مركز دائرة واحدة من مسار السلك، إلا أنه قد يصعب علينا أحيانا تطبيقه لإيجاد الحسابات العملية لبعض التشكيلات الأكثر تعقيدا كمثل تشكيلات الملفات السلكية (الحاوية عدداً كبيراً جداً

مـن الدورات) وعليه فقد جاء (**قانون بايو – سـافار**) ليقدم الإسناد العلمي والعملي لـ (قانون امبير) في الدوائر الكهربائية ويقوم محله في حساب الحالات التي تستوجب حلول مختلفة لأجل إيجاد قيم الحقول المغناطيسية (**B**) والناتجة عن مرور التيار في تشكيلات أكثر تعقيدا من السلك المستقيم لامتناهي الطول أو الدائرة المنتظمة ذات المركز المعلوم.

لم يكد يمر أسبوع واحد على اطلاع امبير على ما توصل إليه (اورستد Qrsted)، حتى تمكن من إثبات حقيقة تجاذب تيارين كهربائيين إذا سارا متوازيين وبنفس الاتجاه وتنافرهما إذا ما سارا متوازيين ولكن باتجاهين متعاكسين.

للفضوليين فقط:

- لقد تشرب امبير وانغمس في ولعه وعشقه وهيامه بالكهربائية واعجب بها إلى الدرجة التي أعتقد أنها لابد وأن تمثل روح الإله (جل وعلا)[1][2].
- أعدم والد امبير بفصل رأسه عن جسده بالمقصلة!!

أقوال مأثورة:

– لم يطلب مني والدي، يوما أن أتعلم شيئا ولم يجبرني على الدراسة قط، ولكنه استطاع وبنجاح – وهذا هو الأهم – غرز بذرة حب المعرفة والتوق إليها داخل نفسي وكياني.

امبير

Andre - Marie Ampere, quoted in James R. Hofmann's (Andre - Marie Ampere).

- من كتاب هوفمن بعنوان (امبير)..

– لقد حزمت أمري واتخذت قراري النهائي بالاختصاص في موضوع الرياضيات. نعم أعترف بأني قد جابهت بعض الصعوبات والمتاعب في أول عهدي بها، ولكنني الآن قد تمكنت

(1) ((سبحان ربك رب العزة عما يصفون...)) سورة الصافات. آية (180).(المترجم).

(2) ((... سبحان الله عما يصفون)) سورة المؤمنون. آية (91). (المترجم).

مـــن نواصيها ولا أريد منهـــا فكاكا. إن في النشـــوة والحبور، بل وبشعـــور الاستعلاء ومسحة السحـــر الحلال والسرور الذي ينتابني حينما أغمـــر نفسي فيها وأتمتع بجمال ممارستها وإيجاد الحلول لمسائلها، لأكثر من برهان وأنصع من دليل على أنني قد وُجدت لها ولا من مجال لغيرها في ذهني وكياني قط، وما أراني قد خُلقت وخُلق تفكيري إلا لها وحدها وليس لغيرها.

امبير

Andre- Marie Ampere، quoted in James R. Hofmann's (Andre - Marie Ampere)

- من كتاب جيمس هوفمن بعنوان (امبير)... عنـه.

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد العالم الفيزيائي الفرنسي الشهير [اندريه – ماري امبير (1775–1836) Andre – Marie Ampere] والـذي تمكن بحلول عـــام (1825) من إرساء قواعـد وأسس النظريـة الكهرومغناطيسية، في (مدينة بوليمو – Poleymiewx) على (جبل الذهب) قرب منطقة (ليو – Lyon) في فرنسا.

لقـــد انضوى (امبير) تحت لواء العظماء، وانتمى إلى مســيرة العباقرة الذين لمع نجم نبوغهم وإبداعهم مبكرا في حياتهم. تذكر لنا الموسوعة البريطانية في طبعتها لعام (1911)، ما يلي:

((لقد شغف امبير ومنذ نعومة أظفاره بالسعي إلى ينابيع العلم والمعرفة والنهل من الرائق منها. لقد ظهر تطور قابلياته الرياضـــية الفذة في وقت مبكر وبفترة قياســية، فقد كان باستطاعته التوصـــل إلى حاصل جمع العديد من الحدود باستعمال كميات من (البلي – Pepbles) وفتات البسكويت حتى قبل تعرفه على نطق الأرقام)).

وثّـــق كـل مـن (ميشيـــل اورلـــــي – Michael O'Reilly) و (جيمســ ولش – James Welsh) أحـــداث طفولة (امبير) وعلامات العبقريـة التـي ظهــرت عليه آنذاك في مؤلفهما الرائع المنشور في عام (1909) بعنوان (صانعو الكهربائية) والذي جاء فيه:

((لقد بدأت بواكير عبقريته بالظهور على شـكل ولـع غير إرادي وحب غامر للتعابير الحســابية فلقـد تمكن (امبير) الطفل – وحتى قبل أن يتعلـم كتابة الأرقام – من اختراع طريقة خاصـة به مكنته من التوصـل إلى نتائج حســابية صـحيحة لجمع أعداد وأرقام

كبيرة جداً عن طريق استخدامه (للبلي - Pepples) وحبات البازيليا، أما والدته فقد كانت شديدة الخوف عليه وقد تملكها القلق - خلال إحدى نوبات إصابته بأحد الأمراض - ودرءا لأي شر كان يمكن أن يصيبه من جراء استمراره بأعماله الفكرية، فقد عمدت إلى حرمانه من كل ما يمكن استخدامه في عملياته الحسابية)).

ولقد شيع عن (**امبير**)، أنه كان قد تمكن من فهم واستيعاب كافة كتب الرياضيات التي كانت متوفرة في زمانه، ولما يبلغ السنة الثانية عشرة من عمره بعد. ورغم ما قد يبدو على تلك الحكاية من تهويل ومبالغة ولكن طموح الفتى وإمكانياته الفذة سرعان ما أفصحت عن نفسها خلال السنوات القليلة اللاحقة، فقد تمكن من الشروع في كتابة النظريات الهندسية وإثباتها عند أو قرابة بلوغه لتلك السنة، الأمر الذي أهله فعلا للالتحاق بالمدرسة العليا المركزية في مدينة (بور - Bourg) وتسنم منصب الأستاذية والفيزياء فيها وهو في السادسة عشرة من عمره، ومن ثم شق طريقه صعودا نحو كرسي الأستاذية في الرياضيات في (المدرسة العليا للبولتكنيك) في باريس بعد ثماني سنوات من ذلك التاريخ. لقد كان صاحبنا متضارب الميول دائما، ظاهر الشغف عظيم الولع بكل نواحي العلوم شديد التعلق بكل ما هو جديد عليه، لدرجة أنه كان قد أتم قراءة النسخة الكاملة للموسوعة الفرنسية والتي كانت قد طبعت بعشرين مجلدا، وجاء على كل محتواها وهو في حوالي الخامسة عشرة من عمره.

لم يكن (**امبير**) يتمتع بكل تلك القابليات التجريبية الفذة التي تمكن منها العديد من المخترعين والعلماء غيره وحسب، وإنما كان يبزهم بقدراته النادرة على النفوذ إلى دواخل الأشياء ومضامين الأفكار أيضاً، فقد كان شديد الاستيعاب سريع الفهم لكل ما كان زملاؤه العلماء ينشرونه أو يجربونه أو يتحدثون عنه. وإليك مثال واحد عما سبق:

فلم يكد يمر أسبوع واحد فقط على اكتشاف (اورستد - Orsted) لحقيقة تأثير التيار الكهربائي المار بسلك موصل على حركة إبرة البوصلة المغناطيسية الموجودة بالقرب منه، حتى شرع (**أمبير**) بكتابة باكورة أبحاثه التي اكتملت إلى سلسلة كاملة من المقالات التي وضعت وبكل دقة الأسس النظرية الكاملة لكل تلك الملاحظات والتجارب. لقد تمكن

امبير في عام (1826) من نشر أشهر أبحاثه بخصوص ظاهرتي الكهربائية والمغناطيسية تحت اسم (أطروحة حول النظرية الرياضية للظاهرة الكهرباتية الحركية والمستمدة حصريا من تجاربها). لقد تضمنت تلك الأطروحة تجارب عدة واشتقاقات رياضية متنوعة لقانون (**القوة الدافعة الكهربائية أو ما نعرفه اليوم بالفولتية** – Electromotive Force – emf).

لقد كان الزمن الذي استغرقه (امبير) في التوصل إلى كل تلك المعلومات وتمكنه من وضع الأساس الراسخ لعلم جديد نسبيا لعلماء ذلك الزمان، قياسيا بكل الاعتبارات، الأمر الذي حدا بالكثير من المعاصرين والعلماء إلى التشكيك بقدرته في ذلك، ومنهم العالم المرموق (مكسويل – Maxwell) والذي كتب في مقالته المعنونة (إيضاحات حول ظاهرتي الكهربائية والمغناطيسية) ما يلي:

((لعلّي المسؤول هنا عن إلقاء الكثير من ظلال الشك على حقيقة ما اكتشفه (السيد امبير) وعلى ما أسماه بـ(قانون الفعل الكهربائي) وبالطريقة التي ذكر هو بها تجاربه ووصف بها ما تم القيام به بالفعل. لقد ذكر فقط (ولم يكشف لنا) الطريقة التي مكنته من التوصل إلى ذلك الاكتشاف، أضف إلى ذلك إقدامه على إزالة كل الآثار التي خلفتها الآلات والأدوات والروافع التي ادعى أنه استعملها لبناء نموذجه الحقيقي قبل تشغيله أمام أعيننا)).

لقد تجاوزت تطبيقات قانون امبير (صيغة الدوائر الكهربائية) التي تم التطرق والتركيز عليها في الجزء الأول من هذا الكتاب، حيث فسر (امبير) كذلك الطبيعة الرياضية للقوة المغناطيسية المرتبطة بتيارين كهربائيين. فعلى سبيل المثال وفي هذا المجال، كان (**امبير**) قد تمكن من إثبات تجاذب تيارين كهربائيين لبعضهما البعض، إذا ما سارا متوازيين وباتجاه واحد. وأنهما سوف يتنافران إذا ما سارا باتجاهين متعاكسين، والحقيقة التاريخية تقول بتمكن (**امبير**) ومنذ عام (1820) من صياغة القانون الذي يحكم تصرف تيارين، إضافة إلى تمكنه من وضع العلاقة التي تربط تلك القوة بمقدار التيارين وبالاتجاهين النسبيين للسلكين الحاملين لهما. وعليه ومن الناحية العملية فإن القوة المتولدة نتيجة مرور التيار الكهربائي خلال السلكين ستكتسب

صفة **(قانون التربيع العكسي)** والذي ينص على تناسب تناقص مقدار القوة بين سلكين مع مربع المسافة الفاصلة بينهما، مع احتفاظ تلك القوة على تناسبها الطردي مع حاصل ضرب قيمتي التيارين الكهربائيين المارين خلالهما. هذا وتختلف مواصفات الجذب والنفر في الطبيعة وعند استخدام التيار الكهربائي المتردد مع مواصفاتهما عند وجود الكهربائية المستقرة.

لقد أثر (والد امبير) كثيرا عليه وكان قد ترك طابع شخصيته مميزا في حياته، فقد كان تاجرا ثريا اشترى لابنه مكتبة ضخمة عامرة وكان كثيرا ما يصحبه لشراء كتب أخرى على هواه، وغالبا ما شجعه على القراءة والاطلاع على كل ما رغبت به نفسه التواقة لتعلم كل شيء فلم يحرمه موضوعا تمناه. لقد تمكن (امبير) من حفظ واستظهار أجزاء كاملة من الموسوعة الفرنسية، كما استطاع أن يُعلم نفسه (نظرية الأرقام) واختط له منهاجا منظما للاطلاع بعمق على مؤلفات (اقليدس) بنفسه ودون طلب مساعدة من أي مدرس. لقد عكف على تعلم اللغة اللاتينية فقط ليستطيع قراءة كتب الرياضيات وليروي نهمه في الاطلاع على أعمال [ليونارد يولر (1707–1783) Leonard Euler] والذي غالبا ما فضلها ووضّفها كمرشد له للكتابة والتأليف.

وصف (جيمس هوفمن – James Hofmenn) توق (امبير) للمعرفة، وجانبا من شغفه للاغتراف منها في كتابه المعنون (اندريه ماري امبير – رجل التنوير والديناميكا الكهربائية) حين قال:

> **((لم توفر عائلة امبير – وبطريقة تقليدية – التعليم لكل أفرادها كما أنها لم تحرم أحد أبنائها منه، لقد كانت عائلة محافظة منغلقة بعض الشيء جاهدت على صقل شخصيات أبنائها على حب العلوم والتفاؤل باكتسابها كما حرصت على زرع روح التنوير والاقتداء وللانصياع لإيمان المذهب الكاثوليكي. لقد ولّد تصارع قوتي الإبداع وتوقع التميز مع الروحية العالية للعاطفة الدينية شداً عظيما على شخصية العبقري القادم ومهرت شخصيته بطابعها الذي لم تقو لا السنون الطوال على تغييره ولا القادم من تجاربه في الحياة على تحويله)).**

لقد كان لحادثة إعدام ابيه بواسطة (المقصلة) خلال اضطرابات وأحداث الثورة الفرنسية ولما يناهز هو السادسة عشرة من عمره بعد، الأثر العميق على تصرفاته وإعادة هيكلة شخصيته، فصنعت منه إنسانا انطوائيا عازفا عن الاختلاط بالناس كارها للاطلاع على أحوال العالم حتى أنه جافى أصحابه وخلّانه وقطع اتصالاته بأصدقائه وأعوانه، وظل على تلك الحال لما ينيف عن العام الكامل... بعد تلك الفترة الحزينة التي قضاها في العزلة والتفكير والتأمل، يتذكر (امبير) بأن عاملين اثنين بل وملاكين رحيمين كريمين هما (أمه وأخته) اللتين كان لهما الأثر الأسمى في انتشاله من محنته وإنقاذه من حالات اليأس والبوس والكآبة التي كانت تُغرقه حتى أم رأسه، ذلكما الحارسان كانا اللذان قد هدياه إلى استعادة اهتمامه بعلوم النبات ووقوعه في أحضان غرام كتاب أمهات القصائد اللاتينية (CORPUS POETAVICM LATINORUM).

تزوج امبير وهو في مقتبل عمره من الفاتنة (كاثرين انتونييتا – Catherine Antoinette) والتي اضطرمت بينهما قصة حب تُوجت بزواجهما في عام (1799). يذكر (امبير) من خير ما يذكر؛ تلك السنوات الأربع التي كان قد قضاها برفقة زوجته وهما على خير حال من قمة نشوة السعادة ومنتهى تناغم الانسجام، وقد توج حبهما وأثمر لهما ابنهما اللذان أسمياه (جين – جاك – Jean – Jacqes)، ولكن الصبي لم يكن يحمل فألا حسنا لأمه ففارقت الحياة بعد ولادته بوقت قصير في إحدى ليالي عام (1803) الليلاء.

نجح الابن (جين – جاك) في حياته التعليمية والعملية حتى أصبح من أعلام مؤرخي اللغات ونشوئها وتطورها. رزق (امبير) بعد ذلك بابنة من زواج ثان له سرعان ما انتهى بالطلاق، وفي عام (1827) تزوجت الابنة من أحد ضباط جيش (نابليون بونابرت) الذي لم يكن يحسن معاملتها، وكثيراً ما كان يضربها بعد الإكثار من الشراب تلك العادة التي تملكته حتى أدمن عليها، فانجر على إثرها إلى المقامرة التي أدمن الخسارة معها أيضا. لقد كان ذلك الصهر العاق مصدر آلام مريرة وحسرات شديدة (لامبير) وسببا أساسيا لشقائه وكآبته نظرا لكثرة مشاكله ودوام استدعائه إلى مراكز الشرطة لاستجوابه.

تلاشــت اهتمامات (امبير) العلمية وخبا نجم إبداعاته وإنجازاته بعد أن حقق أعظم نظرياته في خلال عشرينيــات القرن التاسع عشر (1820s) بتوحيد حقلــي الكهربائية والمغناطيسية واعتبارهمــا وجهان لعملة واحدة، فبعد تلك الحقبة صــار كثير الانطواء على نفسه وانكب على مراجعة ودراسة الآراء والعلوم الفلسفية وصار همه الوحيد التوصل إلى التصنيف الأمثل للعلــوم الإنسانية، وهكذا أنهى (امبير) حياته كما بدأها منزويا متدينا خصوصا بعد أن رسُخ في قــرارة نفســه وثبت اعتقاده في ذاته أنه باكتشافه للكهربائيــة كان قد توصل إلى اكتشاف (روح) المولى القدير (جل جلاله)، تبارك وتعالى علواً عظيماً عما يصفون[1].

كــثرت ديونه في أواخر أيامه وعانى الكثير من المشــاكل المالية التي لم تحسن أخته التصرف بها فزادت طينتها بلة بكثرة الاقتراض وإصرارها على الاحتفاظ ببهرج قصرهما الكبير الذي ورثاه عن عائلتهما.

تدهــورت صحته بشدة وبسرعة خلال عام (1829) حتى صار كثير الشكوى من نوبات شديــدة ومتأزمة من السعال والتهاب القصبــات الهوائية والتي لازمته حتى نهاية عشرينيات القــرن التاسع عشر (1820s). طفق أطباؤه لمعالجته بوضع (دود العلق)[2] على جلده والذي صار يمتص دمه بكثرة وبشراهة أسلمته إلى حالة يرثى لها من الضعف والعجز نتيجة فقر الدم المفقود إلى أحشائها.

ظــل (امبير) يصارع المرض والضعف زمنا طويلا إلى أن أفُل نجمه وطُويت صفحته وتاقت روحه إلى لقاء بارئها فوافاه أجله المحتوم في ليلة باردة من ليالي عام (1836).

لقد أُعجب (اللــورد كلفن – Lord Kelvin) صاحب درجات الحرارة المطلقة المسماة

(1) ((سبحان ربك رب العزة عما يصفون)) سورة الصافات. الآية (180). (المترجم).

(2) leeches – وهــي أحد أنــواع الديدان الطفيلية (parasites) وكثيراً ما تستخدم لفصد الدم. وتنتمــي إلى صنف الديدان المسطحة (Annelida) ومنها ما تعيش في التربة أو المياه المالحة أو المياه العذبة. لها جزء أمامي يسمى (الخطم – Oral Sucker) يلتصــق بجســم الكائن المضيف، بعضها فقط يعتبر ماصاً للدم ولها قابلية إفــراز مادة مخدرة كي لا يشعر بها المضيف، كما تفرز مادة مضــادة لتجلط الدم تسمى (أنــزيم الهايرودين – Hirudin) وتسقط عن جسم المضيف من تلقــاء نفسها متى ما امتلأت منه دماً. (المترجم)

باسمه، أيما إعجاب بشخص (امبير) وبإنجازاته العلمية وبشخصيته المتوازنة والتزامه الديني الذي لم يكن ليُشُقَّ لأي منها غبار وعمل جاهدا لتخليد ذكراه ونجح فعلا بإطلاق اسمه تيمنا بـه واحتراما له وتقديرا لصاحبه على وحدة التيـار الكهربائي، والتي صارت مذ ذاك تعرف بوحدة (الامبير – Ampere) تبجيلا له.

لقـد أُضيف اسم امبير كذلك إلى سجـل الخالدين حينما نُقش مع أسماء العلماء الفرنسيين الاثنين والسبعين الذين زين بهم العالم الفرنسي والمهندس الجليل (جوستاف ايفل – Gustave Effel) روافد برجه الشهير في باريس والذي يحمل اسمه إلى اليوم (كبرج ايفل).

انظر كذلك مدخل – قانون كولوم للكهربائية المستقرة – في الجزء الثاني من هذا الكتاب.

كتـب (اوريلي – O'Reilly) و (والش – Walsh) تخليدا لأهمية العبقرية التي حملها (راس امبير) فوق كتفيه ما يلي:

> **((لم يُنجب القرن التاسـع عشر رجـلا اثار الجدل والاهتمام اكـثر من(اندرييه– ماري امبير)... والذي يوصـف اليوم وبحق بكونه الموجد الحقيقي لأسـس وتطبيقات علوم الديناميكيـة الكهربائية. لا يعاب على (امبير) نشـأته المتواضـعة الخجولـة الهادئة في صباه... لأنه اسـتطاع بعد ذلك تجاوز ذاته وجاهد على تطوير إمكانياته... حتى صار من أوسـع الرجال اهتماما وأغزرهم اطلاعا وأكثرهم إنتاجا فكرا وتطبيقا وفي حقول متعددة من العلوم وفي مجالات ثرة من مجالات الحياة... لقد وصـفه (دومنيك اراكو – Dominique Arago)[1] ذات مرة وبإعجاب شديد لاكتشافه طبيعة ظاهرتي الكهربائيـة والمغناطيسـية بقوله: لم يشـهد تاريخ العلوم الفيزيائيـة – على طوله وثراء تاريخه – ما شهده لاكتشاف (امبير) المبدع، فلم يسبق أن مر له في سجلاته مثل ذلك**

(1) Dominique Arago – [فرانسـوا جـين دومينيـك اراكـو (Dominique Arago(1786-1853) Francois Jean] رياضي وفيزيائي وفلكي وسياسي فرنسي (من مقاطعة كافا لوينا). كان أكبر أربعة أولاد لمدير مكتب ضرب المسكوكات. هاجر إلى الولايات المتحدة وصار جنرالا في الجيش المكسيكي، أعجب بسلاح المدفعية وحاول تعيين (خطوط الزوال). (المترجم).

الإنجاز اللامع الذي استطاع أن يحوز على كل ذلك الفهم ويتمتع بكل تلك التجارب والإثباتات وأن يتم كل ذلك بسرعة قياسية، كما تم (لامبير) وقانونه)).

لقد ساورت (أمبير) بعض الشكوك والترددات بخصوص صلابة إيمانه خلال الفترة المظلمة والرهيبة التي صاحبت الثروة الفرنسية، ولكنه استطاع– (حسب ما ذكره اورلي ووالش)– أن يستعيد رباطة جأشه ويعيد نور الايمان إلى قلبه حتى صار من أعلام الكاثوليكيين الأصحاء في زمانه، فلم يكن قد أمضى يوما دون الذهاب إلى الكنيسة للصلاة أو التفكير في ذلك، أما أحب صلواته إلى قلبه فكانت صلاة (روزاري – Rosary)[1]

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Darrigol, Olivier. *Electrodynamics from Ampere to Einstein* (New York: Oxford University Press, 2000).

Hofmann, James. *André-Marie Ampère: Enlightenment and Electrodynamics* (New York: Cambridge University Press, 1996).

James, Ioan. *Remarkable Physicists: From Galileo to Yukawa* (New York: Cambridge University Press, 2004).

Maxwell, James Clerk. *A Treatise on Electricity and Magnetism*. (London: Macmillan, 1873).

O'Reilly, Michael, and James Walsh. *Makers of Electricity* (New York: Fordham University Press, 1909)

Williams, L. Pearce. "Andre-Marie Ampere," in *Dictionary of Scientific Biography*. Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• يتفق الجميع أنه لا يوجد في صلب أي قانون، وإن أمعنا في تشريحه ودراسته ما ينم عن السببية حول الظاهرة التي يفسرها [أي (لِمَ) هي هناك و/أو (لِمَ) تتصرف كذلك]، وإن كان يحوي بين طياته

(1) Rosary Based Prayers – هي صلاة وتراتيل كاثوليكية رومانية تقام باستخدام (المسبحة) تمجد عيسى المسيح (عليه السلام) وأمه البتول مريم العذراء (عليها السلام) والآب. أوجدها الأب البابا (بيوس الخامس Pius V)، في القرن السادس عشر من خمسي عشرة (خرزة أو حبة) كل حبة بترتيلة وظلت كما هي حتى القرن العشرين حتى جاء البابا (جون بول الثاني – Pope John Paul II) والذي زاد على حباتها ولم يحذف من أصلها. (المترجم).

أكثر من مجرد وصف لهذه الظاهرة أو تلك.

يتفق الجميع على صحته لأنه - وبما جُبل عليه وبالنظر لوضوحه - جميل ورشيق وبسيط. ولكن لا أحد يتفق على إطلاق صلاحية كل قانون واكتمال سرمديته في كافة الحالات، وعلى مر الأزمان والأمكنة مطلقا. هناك على الدوام شيء ما من عدم الدقة يكتنفه (أو لنقل مقداراً من قلة الحقيقة داخله)، وهناك دائما شيء باق من هالة الغموض حوله والتي ستظل تؤكد لنا وعلى مر العصور وباستمرار نضج الأفكار وتطورها بأن هناك دائما مايمكن إضافته إلى هذا المبدأ، أو عمله لتحسين تلكم القاعدة... أو إضافته لتصحيح ذلك القانون... ما دام الإنسان حياً.

كليك

James Gleick، Genius، Life & Science of Richard Feynnan

quoting Richard Feynman's The Character of Physical Law

من اقتباس في كتابه (العبقري: حياة وعلم ريتشارد فينمن) عن كتاب (صفات القانون الفيزيائي) ليفنمن.

• لابد أن يكون القانون العلمي قابلا للاختبار والقياس من حيث المبدأ، ولكن ليس عليه بالضرورة أن يكون خاضعا لهما عمليا، آخذين بنظر الاعتبار حدود وإمكانيات قابلياتنا التكنولوجية فليس من المستغرب - أحيانا - أن يتطلب منا إثبات نظرية... أو التحقق من قانون فيزيائي مرور عقود عديدة. والحقيقة التي أمامنا تؤكد لنا أن النظرية الذرية - التي بين أيدينا اليوم - كانت قد احتاجت إلى قرون لإثباتها وإقرارها.

سيكفريد

Tom Siegfried، (A Great Unravding)، New York Time Book Review، September 17،2006.

من كتابه (الكشف العظيم).

• كلانا على يقين أن هناك ملايين من القراء الذين هم على استعداد لتأكيد تفهمهم واستفادتهم من قراءة روائع (سكسبير)... دون أن يكون لديهم أدنى استعداد (لتضيع) أوقاتهم وما قد يحصلون عليه من جراء اطلاعهم على... أو سماعهم بـ.. قانون الكيمياء هذا أو معادلة الفيزياء تلك...

وقد أوافقك الرأي تماما على استحالة الاستفادة من أي منهما في زيادة حصيلة مضارباتك في أسواق

الأسـهم – (لأنهما ببسـاطة مهتمان بالكشـف عن أسرار الكون التي لا يزال يحتفظ لنا بالكثير منها إلى اليـوم والتـي لن يؤثر إلا جزء صـغير منها في حياتك مباشـرة)... ولكن إذا ما كنت على اطلاع ضـئيل على القانونين الأول والثاني (للديناميكا الحرارية) فإنك حتماً ستتوصـل من خلالهما – وعن يقين – إلى الاستنتاج بأن أي استثمار في مجالات الآلات الحرارية (دائمة) الاشتغال سيكون ضَربا من الانتحار.

انكرام

Jay Ingram، The Barmaid's Brain and Other Strange Tales from Science.

مقتطف من كتبه (عقل النادل.... وقصص علمية غريبة أخرى).

• ليس لدينا أي مبرر للمطالبة أو افتراض ضرورة زيادة مقدار دقة أي قانون فيزيائي عن جزء واحد من (10) مرفوعة إلى(القوة 120) من الأجزاء. لأن أي القانون وعند مقدار (دقة) أكبر من القيمة الهائلة المذكورة سوف لن يمثل إلا هراءً.

دافيز

Paul Davies، Laying Down the Laws، New Scientist.

من مقالته - صناعة القوانين.

قانون أوم للمقاومة الكهربائية

OHM′ LAW OF ELECTRICITY

ألمانيا، 1827

تتناسب شدة التيار الكهربائي المار خلال أي موصل طردياً مع قوته الدافعة الكهربائية، وعكسياً مع مقاومة ذلك الموصل.

محاور ذوات علاقة

قانون رولاند (ROWLAND′S LAW)، وقانون بويسيل لانسيابية الموائع (POISEUILLE′S LAW OF FLUID FLOW)، وقانون فوريية للتوصيل الحراري (FOURIER′S LAW OF HEAT CONDUCTION)، وجيمس كلارك ماكسويل (JAMES CLERK MAXWELL)، وهمفري ديفي (HEMPHRY DAVY)، وإسحاق نيوتن (ISAAC NEWTON)، وجوزيف هنري (JOSEPH HENRY)، وعائلة برنولي (THE BERNOULLI FAMILY).

من أحداث عام 1827

- توفي في هذه السنة كل من المؤلف الموسيقي الألماني العبقري لدوفك فون بتهوفن، (Lodwick Von BETHOVEN) والشاعر الإنجليزي الفذ وليم بلاك (William Black).

- تم توحيد شركتي نقل سكة حديد بلتيمور (Baltimore) وأوهايو (Ohio) فأصبحتا شركة واحدة (B & O) وهي الأولى من نوعها التي استطاعت تقديم كل خدمات النقل التجاري والشحن البري في كامل أنحاء أمريكا الشمالية.

نص القانون وشرحه

يُفصح **(قانون أوم)** عن نفسه بعدة أشكال، ومن بين تلك الأشكال نصه الصريح على **تناسب كمية التيار الكهربائي المنتظم** (I) **في أي دائرة كهربائية: طردياً مع الفولتية** (V) والتي تسمى أيضاً

(القوة الدافعة الكهربائية – The Electromotive Force) المسلطة عليها لتخطي مقاومتها، وعكسياً مع قيمة تلك المقاومة (R)، وعليه يمكن صياغة قانون أوم بالشكل الآتي:

$$\boxed{I = V/R}$$

لقد أثبت قانون (أوم) الذي تم اكتشافه في عام (1827) صموده وصحة توقعاته وعلى مديات واسعة من التجارب التي شملت قائمة طويلة ومتنوعة من المواد. فعلى سبيل المثال وكما توضحه المعادلة أعلاه، فإن في مضاعفة قيمة فرق الجهد الكهربائي (Potential Difference – V) والذي قد يسمى أيضاً بمقدار الفولتيه أو مقدار القوة الدافعة الكهربائية (Electromotive Force) على نهايتي وصلة سلك، (والمقاس بوحدة الفولت) فإن كمية التيار الكهربائي(I) المار خلاله ستتضاعف أيضاً. وعليه فإن مضاعفة قيمة مقاومة ذلك السلك (مع الاحتفاظ بقيمة القوة الدافعة الكهربائية أو الفولتيه على نهايتيه ثابتة) ستؤدي إلى اختزال مقدار التيار الكهربائي المار خلاله إلى النصف. علماً أن وحدة المقاومة هي **(الأوم)** نسبة إلى اسم المكتشف.

لقد أثبتت مئات التجارب وآلافها ثبوت قيمة مقاومة المواد المختلفة وضمن نطاق واسع من قيم (القوى الدافعة الكهربائية) ومقادير التيار المارة خلالها على شرط ثبوت درجات حرارتها.

وتنطبق هذه المعادلة في حالة وجود التيار الكهربائي المتردد أيضاً شريطة إجراء بعض التعديلات المناسبة على متغيراتها. فعلى سبيل المثال ينطبق **(قانون أوم)** على تصرف دائرة كهربائية يكون مصدر قوتها الدافعة الكهربائية (فولتيه مترددة AC Current) ويمكن استخدام ذات القانون (I=V/R) ولكن باعتبار معدل الجذر التربيعي [Root Mean Square (rms] لكل من القوة الدافعة الكهربائية (V) والتيار (I). ومن تعريف التيار الكهربائي المتردد (AC) نتوقع تغيّر مقدار القوة الدافعة الكهربائية (V) على طرفي المقاومة في دوائره، بأسلوب جيبي منتظم (Sinusoidal) متوافق تمام التوافق مع التيار المار بها. وبعبارة أوضح فإن كلا الفولتيه والتيار سيصلان إلى نهايتهما العظمى والصغرى بتوافق تام وفي ذات التوقيت.

وبالمفهوم نفسه وبإضافة بعض التعديلات، يمكننا تطبيق قانون أوم (بعد إعادة صياغته) على

القــوى الدافعة المغناطيسيــة (Magnetomotive Forces) والتي نواجهها في الظواهر التــي تــؤدي إلى نشوء الحقول المغناطيسية. وبصورة عملية، يمكننــا تحوير القانون قليلاً حتى يمكن تطبيقه على قيمة النسبة الثابتة ما بين القوة الدافعة المغناطيسية (mmf) ومقدار الفيض المغناطيســي (Magnetic Flux) المقاس ضمن دائــرة مغناطيسية معينة. فعلى سبيل المثال يمكننــا إعادة صياغة (قانون أوم) السابق للقوى الدافعة الكهربائيــة وتحويله إلى (قانون أوم) للقوى الدافعة المغناطيسية بإبدال رموزه الكهربائية إلى رموز مغناطيسية وعلى الشكل الآتي:

$$mmf = \Phi Я$$

حيث تمثل mmf – القوة الدافعة المغناطيسية لحقل مغناطيسي معين

و Φ – مقدار قيمة الفيض المغناطيسي لذلك الحقل.

و Я – (المعارضــة – Reluctance) وهــي مقــدار ميــل الحقــل المغناطيســي لفقــدان مغناطيسيته أو مقدار مقاومة حقل ما لاكتسابها.

وممــا تجدر الإشارة إليه هنا هو وجــود اختلاف جذري بيّن ما بين تطبيق (قانون أوم) على الدوائــر الكهربائية وما بين تطبيقه على الدوائــر المغناطيسية، فمن المعلوم أن مقدار معارضة (Reluctance) أي مــادة لتغـيرات الفيضــ المغناطيسي المفروضة عليها تتغـير بتغيّر شدة تركيــز ذلــك الفيض المار خلالها، الأمــر الذي يجعل من العلاقة السابقــة (mmf = ΦЯ) علاقــة لا خطية. ويمكن تقريب التعبير إلى ذهن القارئ الكريم، بتصورنا ما يحدث في دائرة كهربائية اعتيادية، ينطبق عليها قانون أوم السابق (V=IR) مع إبدال المقاومة (R) الثابتة إلى مقاومة متغـيرة (R`) تتغير بتغيّر منسوب التيار الكهربائي المــار خلالها. يطلق على المعادلة السابقــة (mmf = ΦЯ) والتي تعني (مساواة القوة الدافعة المغناطيسية في دائرة مغناطيسية مــا لحاصل ضرب مقدار كثافة الفيض المغناطيسي فيها مع مقدار معارضتها لاكتسابه)، اسم (قانــون رولانــد – Rowland's Law) وذلك نسبة إلى العالم [هــنري أوغسطس رولاند (Henry Augustus Rowland (1848–1901] والحاصــل علــى مركــز الأستاذية الأول في الفيزيــاء من جامعة جونز هوبكنز (Johns Hopkins) الأمريكية والذي عُرف

بكونــه عالماً تجريبياً لامعاً أجرى العديد مــن الأعمال والاختبارات شملت حقلي الكهربائية والمغناطيسية.

كمــا أن هناك (قانــون أوم) آخر خاص بالتأثــيرات الصوتية، والذي يربــط العلاقة ما بين الضغط الذي تسببه الموجات الصوتية (Sound Pressure) وما بين الحث الصوتي للهواء (Acoustic Impedance) ومقــدار إزاحــة جزيئاتــه (Particle Velocity) وشدة الصــوت (Sound Intensity). يعنــي بالإزاحــة الجزيئية عندما يتعلــق الأمر بالموجات الصوتيــة العابرة خلال الهواء – سرعة جزيئات الهــواء في ذبذبتها ذهاباً وإياباً في اتجاه مرور الموجة الصوتية عندما تعبر في سفرها خلال الهواء.

وقُبيــل الاسترســال في بحثنا بخصوصــ (قانــون أوم) وتطبيقاته، لابد لنا مــن إيضاح بعض المصطلحــات لتعم فائدة الشــروع والاستفاضة. فخذ على سبيل المثــال مصطلح (المادة الموصلة Conductor) الذي غالباً ما يستخدم لإيضاح وتفسير القانون المذكور، وهي تعني ذلك الجزء المحــدد من الدائرة الكهربائية التي سيتم قياس القوة الدافعة الكهربائية (أو الفولتية) على طرفيه. ونعنــي بالمقاومــات (Ressitors): مواد موصلــة (Conducors)، عملهــا الأساسي تقليل انسيابية الكهرباء عبرها لمقدار محدد. وإذا أردنا التوضيح بمثال فسنقول إن مقاومة معينة لها قيمة (مقاومــة عالية) في حدود 20 ميــكا أوم (أي 20 مليون أوم) تعتبر موصلاً رديئاً للكهرباء. وفي عالم الإلكترونيات الحديثة صارت (المقاومات) غالباً ما تصنع من مواد نانوية التركيب من أنواع اللافلزات بطريقة تجعلها تامة الانصياع (لقانون أوم). وقد يطلق اسم (مواد-أوم-أو قطع -أوم) علــى الكثير من المواد والمقاومات المصنوعة من الفلــزات أو اللافلزات والتي لها قابلية التصرف ضمن نطاق ذلك القانون وضمن حيز واسع جداً ومديات متفاوتة ومتباينة من درجات الحرارة. ومــن الجدير بالذكر تمكــن كل من العالم الفيزيائــي الاسكوتلاندي [جيمــس كلارك مكسويل James Clerk Maxwell (1831–1879)] والعالم الرياضي الإسكوتلاندي [جورج كرايستل George Chrystal (1851–1911)] لاحقــاً من إثبــات حقيقة صحة (قانون أوم) حتى بلوغ التيارات الكهربائية درجاتها القصوى القادرة على قطع وصهر الأسلاك الكهربائية في دوائرها.

تُعـرَّف المواد (الأومية – Ohmic Meterials) بأنهـا المواد تامة الانصياع (لقانون أوم) المذكور بأنها تلك المواد التي لا علاقة لمقاومتها المنصوص عليها في القانون (I=V/R) لا بالتيار المـار في دائرتها الكهربائية ولا بالقوة الدافعة الكهربائية لها. بعبارة رياضية فإن أي موصل لا يعتبر خاضعاً لـ(قانون أوم) ما لم يكن منحنى علاقة قوته الدافعة الكهربائية –أي فولتيته– بتياره علاقـة خطية تامة، وعليه يمكننا الاستنتاج أن العلاقـة المعروفة بـ(R=V/I) للمقاومة، لا تمثل بذاتهـا إحدى علاقات (قانون أوم) وإنما تعني –وبأبسـط صورها– تعريفاً للمقاومة في دائرة موصلة سواء انصاعت تلك الدائرة لذلك القانون أم لا. وعليه أيضاً وبرسم منحنى علاقة القوة الدافعة الكهربائية بالتيار المار في لمبة إضاءة مصباح اعتيادية، تنستنتج عدم خضوع (شُعيرتها) المتوهجة لهذا القانون بالنظر لعدم تمتع المنحنى المرسوم لها بالصفة الخطية.

ولنـا في سياق الحديث هنـا أن نعرج على علاقة المقاومة بدرجة الحـرارة التي تهم العلماء كثيراً في دوائرهم الكهربائية على اختلاف أنواعها وتغاير غاياتها، رغم الحقيقة القائلة إن هذا النقاش لا يعتبر من جوهر حقيقة (قانون أوم) موضع البحث.

ولنا هنا –وكمراجعة بسيطة– أن نقول: إنه بزيادة درجة حرارة أي موصل فإن عدد الاصطدامات الحادثـة ما بين جزيئاته وذراته سوف تـزداد (أي أن العلاقة بينهما طردية). وبالاستناد إلى النموذج الكلاسيكي لأسلوب التوصيل الكهربائـي، فإن مقدار مقاومة أي جسم موصل للكهرباء يتناسب عكسيـاً مـع معدل طول خـط المسار الحر (للإلكترونـات في ذلك الموصل) الفاصـل ما بين ذراته المتصادمة. وكما نعلم فإن ازدياد درجة حرارة موصل ما سيؤدي حتماً إلى زيادة شدة تذبذب ذراته، الأمر الذي يعني –بالضرورة– إنقاص مدى معدل المسار الحر لإلكتروناتها في مجال حركتها، الأمر الذي سينعكس وجوباً على زيادة مقاومتها. وهذا سيؤدي أيضاً إلى تقلص قابلية سريان الإلكترونات دون ملاقاتها للتداخل والإعاقة نتيجة اصطداماتها المتعددة بذرات وجزيئات مادة السلك الموصل ذاته لـدى ارتفاع درجة حرارته. أمـا اليوم، وبرغم نجاح (النظرية الكلاسيكيـة) للتوصيل السابق شرحهـا في التنبـؤ بتفاصيل (قانون أوم) إلا أنهـا كانت ومنذ زمن، قد أخلـت موقعها لنظرية أكثر حداثـة ودقة في تفسير ظاهرة التوصيل، تعتمـد كلياً على مبادئ (ميكانيـكا الكم Quantum

Mechanics) وهي بالفعل أكثر دقة في تفسيرها لاعتماد ظاهرة المقاومة على درجات الحرارة.

تعتمد مقاومة (مواد أوم) على درجة الحرارة بطريقة يوضحها القانون الآتي:

$$R = (L/A) \times \rho = (L/A) \times \rho_0[\alpha(T - T_0) + 1].$$

وهنا يمثل L - مقدار الطول الثابت للمادة الموصلة

و A - مقدار مساحة مقطعها

و T - درجة حرارتها مقاسة بدرجات (كلفن) المطلقة.

و To - أي درجة حرارة ابتدائية يشرع منها القياس

و ρ_0 و α - ثابتان يعتمد في مقداريهما على مواصفات المادة الموصلة ذاتها.

(راجع الجدول رقم 7 في أدناه للتعرف على بعض قيم قابلية المقاومة - Resistivity ρ)

وبعض (معاملات الحرارة - Temperature Coefficients ∝) لبعض المواد).

Material	Resistivity ρ at 20°C (Ω.m)	Temperature Coefficient ∝ at 20°C (per °C)	إسم المادة
Silver	1.6×10^{-8}	3.8×10^{-3}	الفضة
Copper	1.7×10^{-8}	3.9×10^{-3}	النحاس
Aluminum	2.8×10^{-8}	3.9×10^{-3}	الألمنيوم
Tungsten	5.5×10^{-8}	4.5×10^{-3}	التنكستن
Iron	10×10^{-8}	5.0×10^{-3}	الحديد
Lead	22×10^{-8}	4.3×10^{-3}	الرصاص
Mercury	96×10^{-8}	0.9×10^{-3}	الزئبق
Carbon	3.500×10^{-8}	-0.5×10^{-3}	الكربون
Germanium	0.45	-48×10^{-3}	الجرمانيوم
Silicon	640	-75×10^{-3}	السليكون
Wood	10^{8} to 10^{14}	–	الخشب
Glass	10^{10} to 10^{14}	–	الزجاج
Hard rubber	10^{13} to 10^{16}	–	المطاط الصلب

توجد اليوم الكثير من المواد المصنعة التي تبلغ قيمة مقاومتها الكهربائية (صفراً) عند حد درجة حرارة معينة تسمى [درجة حرارتها الحرجة - Tc(Its Critical Temperature)]، ويطلق على هذه الظاهرة اسم ظاهرة (التوصيل الفائق - Superconductivity) والتي

كان قـد اكتشفها في عام (1911) العالم الفيزيائـي الدنماركي الحائز على جائزة نوبل (هيك كمرلنك أونـز (1853–1926) (Heike Kamerlingh Ones). وتبلغ تلك الدرجة التـي يصبح فيها معدن الألمنيوم مثلاً، فائـق التوصيل للكهربائية، بمعنى تصبح مقاومته لمرور التيـار الكهربائـي خلاله صفراً تماماً، (1.2) درجة حراريـة مطلقة على مقياس كلفن. وتجد تلـك الظاهـرة الفريدة التفسير المقنع ويمكـن فهمها بالاستناد إلى نظريـة (ميكانيكا الكم – Quantum Mechanics) أو (ميكانيكا الكميم) إن شئت.

لقد تطـور حقل دراسات المواد فائقـة التوصيل للكهربـاء (Superconductivity)، وتمكن العلماء ببحوثهم الحديثة المستمرة من إيجاد مواد فائقة التوصيل للكهربائية وبدرجات حرارة عاليـة نسبياً، الأمر الذي دفع (أنتوني أندرسـين Antony Anderson) إلى كتابة مزحته الآتية في مجلة (نيوسينست) وتوقعه لواقع حال اختفاء (الأوم – Ohm) في المستقبل نتيجة لانتشار وتوسع استخدام المواد فائقة التوصيل حين قال:

((سيأتي –إن عاجلاً أم آجلاً– اليوم المنشود الذي ستتلاشى فيه المقاومة الكهربائية من جميع الماكنات والمعدات التي تعمل بالمحركات الكهربائية وستصـبح وصلاتها مثالية وبلا أدنى مقاومة، وعندئذ سـنقوم فرحين بوضـع (الأوم) بعد نـزع كبريائه عنه على الـرف، فلن يتمكن بعد ذلك من مصـاحبة رفيقي دربه الأزليـين (الفولت) و(الأمبير) وسيعم الخير علينا ولن ندفع فواتير كهرباء باهظة وإنما سندفع (ملاليم) و(أفلاس) قليلة في حين ننعم بحياة (كهربائية) فاخرة في عالم أحلام –لا أروع ولا أبدع–، ولكنني على يقين من ضرورة احترازنا وحرصـنا على أن (لا ننفي) الأوم المسكين بعيداً وألاّ نطمره عميقاً فقد نحتاجه لسبب أو لآخر هنا أو هناك، وواقع الحال سينبئنا بحاجتنا إليه عندما ستحيط بنا درجات الحرارة المدتنية جداً (واللازمة لإدامة ظواهر التوصيل الفائق) من كل جانب وصوب، عندها سنتذكر عزيزنا (الأوم) وسنهرع إليه لإعادته إلى أحضاننا فسنكون عندها في أمس الحاجة إليه معنا في شتاء بارد جنب مدفأة زيتية ساخنة أو نلفه بحب وشوق في داخل أغطيتنا الكهربائية الحانية)).

إن لقانون (أوم) أهمية كبرى في تقدير مدى خطورة تعرض الجسم البشري لحالات الصعقات الكهربائية على اختلاف مصادرها وأنواعها ويمكننا القول -بصورة عامة- إن خطورة أي صعقة كهربائية على الحياة واحتمال تسببها في الوفاة تعتمد على شدة التيار فهي تزداد بزيادته. تُحتسب كمية التيار المار خلال الجسم البشري عن طريق حساب مقدار (القوة الدافعة الكهربائية المسلطة عليه (بوحدة الفولت) بين نقطتين من نقاطه مقسومة على مقدار مقاومته لها. وعليه يمكننا الاستنتاج أن مقدار ما يمكن لجسم بشري تحمله من (فولتية) كهربائية دون أن يتعرض إلى الموت بالفعل لتعتمد بالدرجة الأساس على مقدار مقاومة الجسم لها، وتلك قيمة متغيرة من شخص إلى آخر وقد تعتمد على مؤشرات خاصة بالجسم الواحد كمثل وجود الشحوم في منطقة الصعقة الكهربائية ومقدار كمية السوائل الموجودة في الجسم حينها، كما تعتمد على مقدار قابلية الجسم على التعرق (لأن العرق يحتوي على مادة ملح الطعام (كلوريد الصوديوم- Nacl) الموصلة أصلاً للكهربائية، وعلى مقاومة المنطقة التي تعرضت للصعقة. ويعلم الأطباء أن السبب الرئيس للوفاة نتيجة التعرض للصعقة الكهربائية ينتج عن القصور التنفسي (أو الاختناق) الناتج عن التداخل الكهربائي مع فاعلية عضلات التنفس في الصدر أو تأثيره على المركز التنفسي في الدماغ[1].

يزيد الجلد المبتل من احتمالية الصعقة الكهربائية فمقاومته لا تكاد تبلغ الألف (1000 أوم) أو أقل، في حين قد تزيد مقاومة الجلد الجاف لها نتيجة لمقاومته العالية نسبياً لها والتي قد تبلغ ما يقارب الخمسمئة ضعف(أي 500000 أوم).

إن لمثل هذه المعلومات أهمية بالغة لدى الجهات المشرفة على عمليات الإعدام باستخدام الكرسي الكهربائي، وكما جاء ذكره في البحث المقدم من قبل (ميشيل اس. مورس - Micheal S. Morse) بعنوان (تقرير بالنتائج والتوصيات) بعد زيارة موقع العقوبات

(1) (أو الاثنين معاً) علماً بأن أهم مصادر الخطر على الحياة من جراء الصعقة الكهربائية هو المتأتي من تداخل الكهربائية الخارجية مع الكهربائية المنتظمة اللازمة لتوليد وتنظيم ضربات القلب وإيصال الدم إلى الدماغ، الأمر الذي يؤدي إلى حدوث ارتجاف العضلة القلبية (Myocardiac Fibritation) وفشلها في توليد قوة الانقباض المنتظمة اللازمة لها لأداء عملها (المترجم).

المركزي في مدينة (ستارك – Starke) الواقعة في ولاية فلوريدا (Fl) الأمريكية، حين كتب يقول:

((لقد قمت، يصاحبني السيد (وشرت – Wiechert) بالقيام بالعديد من الفحوصات على آلة الإعدام الكهربائية. ابتدأنا أعمالنا بإجراء الفحوصات وقياسات مقدار القوة الدافعة الكهربائية (الفولتية) ومقدار التيار الكهربائي الناتج عنها في الآلة. أمكن ملاحظة وجود إناء كبير مملوء بالماء، تغمر في داخله الأقطاب الكهربائية قبيل القيام بعملية الإعدام وذلك لغرض التقليل من مقاومتها لدى مساسها لجلد المحكوم عليه بالإعدام. كما قمنا فعلياً بقياس مقدار مقاومة نقطة تماس الأقطاب مع الجلد فوجدناها تساوي ما بين (200 و 250) أوم فقط وهذا ما يضعها في المجال المناسب لإيصال كمية الكهرباء اللازمة في حالة الجسم البشري كما تم مشاهدته فعلاً خلال جلسات الإعدام)).

ومن الفوائد الاقتصادية لتطبيقات حساب ودراسة مقدار المقاومة الكهربائية، استخدامها لقياس ومراقبة درجات التآكل المعدني التي تتعرض لها باستمرار الأنابيب المعدنية الضخمة المدفونة تحت الأرض ولملايين الكيلومترات حول الأرض أو تحت سطح البحار والمحيطات لغرض نقل أو تصدير النفط الخام ومشتقاته والغاز الطبيعي أو حتى لحماية الدروع المعدنية لبعض الأجهزة الحساسة تحت المياه مثل كابلات الاتصالات المحورية بين القارات. ويعتمد مبدأ تلك المراقبة على حقيقة تغير مقدار المقاومة الخالصة للأسطح المعدنية نتيجة لخسران جزء من كتلتها بتحولها إلى أملاح هشة نتيجة التقادم و/أو الصدأ. وعليه فقد تم اختراع وتصميم أجهزة تعقب وقياس خاصة بمراقبة مقدار التآكل تزرع بصورة دائمة على الأنابيب المعدنية وعلى مسافات معلومة وتوصل أقطابها بمحطات مراقبة تُبنى خصيصاً لذلك الغرض لتوفير معلومات مستمرة عن حالتها. كما توجد أجهزة محمولة يمكن إيصالها كهربائياً بالأنابيب العملاقة لجمع وتحليل المعلومات عن سلامتها من التآكل و/أو التلف وعند اقتضاء الحاجة لذلك.

ولمزيد من الحقائق حول تطبيقات قانون أوم (أو مشابهاته) في حقول العلم الأخرى.. راجع مدخل (**قانون بويسيل لجريان الموائع** – Poiseuille´s Law of Fluid Flow)

لاحقاً للاطلاع على تفاصيل قانون مشابه لـ(قانون أوم) يتعلق بتطبقاته على جريان السوائل خلال الأنابيب الأسطوانية ذوات المقاطع المنتظمة. وعند تطبق **(قانون بويسيل)** سنرى أن هبوط ضغط المائع في الأنبوب سيشابه (هبوط الفولتية أو القوة الدافعة الكهربائية)، كما سيشابه معدل جريان السائل فيه كمية التيار الكهربائي المار عبر الأسلاك الموصلة.

للفضوليين فقط

- صادف الحظ وعلى مر الأزمنة والعصور أن يذوّق كل ذي تفوق وإباء الأمرين... زاد ذاك المرار أم نقص!! لقد اكتشف (جورج أوم) واحداً من أعظم القوانين الأساسية في حقل الكهرباء أهميةً على الإطلاق، إلا أن إهمال أصدقائه له واستسخافهم بأفكاره وأعماله، أودت به إلى براثن الفاقة يصارعها دون جدوى لأغلب فترات حياته، فتصرعهُ.
- لقد أطلق حسّاده وعذاله والمتعكزين على جهد التقوّلِ واللسان دون جهد الفكر والبيان على دوائره الكهربائية اسماً عكس احتقارهم لها ولموجدها هو (دوائر الخيال العارية).

أقوال مأثورة

– لديّ اعتقاد راسخ وإيمان وطيد بأن عظمة أي شيء لابد أن تكمن في بساطته.

أوم

George Ohm، quotel in Kenneth Canev (George Ohm)

قول مقتبس من سيرته الذاتية.

– يعتبر ما قام به (أوم) من الأعمال القليلة الخالدة عبر العصور والتي كان ولايزال لها إمكانية الصمود والمطاولة لوحدها دون حاجة إلى مدافع ولا ضرورة لمعين. وكلما تقدم بنا الزمان –وابتداء من اليوم– فإننا سنزداد إعجاباً بهذا القانون وبدقته، وبرهافة فكر واضعه، واحترامنا له ولصبره ولروحه الملهمة، وذلك لرحابة المساحات التي استندت وستستند على

ذلك القانون الصغير القصير الذي يعتبر مناراً عالياً هادياً وعلماً سامقاً راسياً ما بقي على هذه الأرض نَفَس مدرك واع.

لوك وود

Thomas Lockwood، 1891 preface to Ohm's (The Galvanic Circuit Investigeted Mathmatically)

من مقدمته لكتاب أوم القصير (الاختبارات الرياضية للدوائر الكهربائية الكلفانية).

ملخص لسيرة حياة المكتشف

ولد الفيزيائي الألماني [جورج يوهان أوم (1787-1854) (George Johann Ohm] والشهير بأعماله الباهرة حول خصائص القوة الدافعة الكهربائية وطبيعة المقاومة في الدوائر الكهربائية، في مدينة (إرلانجن - Erlangen) من مقاطعة بفاريا (Bavaria) التي تقع اليوم ضمن الحدود الألمانية.

كان (أوم) واحداً من سبعة أشقاء وُلدوا لصانع الأقفال الألماني (يوهان أوم - Johann Ohm)، لم يعش منهم طويلاً إلا هو وأخوه (مارتن) الذي درس الرياضيات حتى برع فيها وأصبح أستاذاً، وأخته (اليزابث). لقد حرص الوالد الذي كان حرفياً ماهراً اكتسب صنعته بالمراقبة والممارسة، على تعليم أولاده خير تعليم فكان يقضي الساعات الطوال معهم يعلمهم (مع حبه لهم) أصول الرياضيات والعلوم والفلسفة. وبالنظر لمهارة الأب (يوهان) في التدريب وقدرته على حب أولاده وجذبهم إلى النهل من ينابيع المعرفة، فقد جرت العادة على مقارنة (عائلة أوم) (بعائلة برنولي) وهي عائلة سويسرية متميزة أنجبت ثمانية من فطاحل علماء الرياضيات خلال ثلاثة أجيال.

انخرط (أوم) في عام (1805) في جامعة مدينته (إرلانكن - Erlangan)، ولكن بدلاً من أن يقضي وقته في الدراسة الجامعية الجدية المثمرة، صار يقضي أوقاته في اكتساب الأصدقاء والتمتع بوقته كما يحلو للشباب أن يتمتعوا به. وهنا غضب أبوه عليه غضباً شديداً وقطع

عنــه مساعدته المادية وأجبره على ترك تلك الجامعــة التي كان (يقتل) فيها جـل وقته، الأمر الذي اضطره إلى السفر إلى سويسرا لغرض العمل وكسب لقمة العيش. استطاع (أوم) بذكائه ومهارتــه في الرياضيــات الحصول على وظيفة مدرس رياضيات في إحــدى مدارس مدينة (كوتاستــات بي نيــداو – Gosttstadt bei Nydau). استمر فيها مع دأبه على الاستزادة من علــوم الرياضيات ذاتياً كلما وجد إلى ذلك سبيلاً. وقــد أثمرت دراسته الخاصة وتطويره لذاته سريعاً، فاستطاع أن يعود إلى جامعته في (إرلانكن) والحصول منها على إجازة الدكتوراه في الرياضيــات في عــام (1811)، والتي قَبِلتــه محاضراً في نفس المادة فيهــا أيضاً. لقد اضطر (أوم) خلال تلك الفترة إلى تجرع مرارة الحاجة والفقر بالنظر لضيق ذات اليد التي تولدت لديه نظراً للرواتب المتدنية التي كان يتسلمها من الجامعة حتى اضطُر بعد ثلاث سنوات، وفي عام (1813) إلى قبــول مركز أقــل أهمية ووظيفة دون مستواه العلمي والأدبي في إحدى مدارس مدينة (بامبرك – Bamberg)، لا لشيء، سوى الحصول على أُجور تدريسية أجزى. واستمر يعمل مدرساً في تلك المدرسة –على مضض– حتى تم غلقها في عام (1816).

وفي العــام التالي (1817) أثمر بحثه عن عمل إلى حصوله على وظيفة مدرس للرياضيات والفيزياء في مدرسة التربية البدنية للآباء اليسوعيين في مدينة (كولون – Cologne)، ولقد كانــت تلك المدرسة مكانــاً لا بأس به من الناحية التدريسية بالنظــر للخدمات والمرافق التي كانــت تتحلى بها، إلا أن مستواها العام والمستــوى العلمي لخريجيها من الطلاب استمر في الاضمحــلال خلال فترة وجود (أوم) فيهــا. وبالنظر لطموحه الشخصــي وشخصيته التي جُبلــت على المثابــرة والتعلّم، فقــد آثر الاستمــرار في دراسته وتتبعه على انفــراد من خلال استغلال كافة أوقاته في التحصيل والقراءة ومتابعة الكتب المنهجية لأعلام علماء الرياضيات والفيزياء الفرنسيين، إضافة إلى قيامه ببعض التجارب الخاصة به لإثبات آرائه وأفكاره العلمية إرضاء لفضوله ونزواته وعلى انفراد؛

كتب (كنث كانيفا – Kenneth Caneva) حول تلك الفترة من حياة (أوم) في مدخله من المؤلف القيّم (معجم سير العلماء الذاتية) ما يلي:

((لقد سأم (أوم) من كثرة محاضراته وتزايد طلابه ومشاكلهم. فلم يُرضِ التدريس أو الجو الروتيني في مدرسته طموحه ولم يُشبع تطلعاته العلمية، فقرر حينئذ- وقد تقبل واقع حاله، من ضيق ذات اليد (وضيق ذات الوقت)- تبني فكرة العزوف النهائي عن الزواج والامتناع التام عن الانخراط في أعبائه كما قرر اللجوء إلى الجانب العلمي والانكفاء عليه والتفرغ تماماً له، حتى يتمكن من إثبات ذاته أولاً، وأن يقدم شيئاً قيماً للعالم من حوله ثانياً، على أن يكون ذلك الشيء من الصلابة والقوة وحسن القبول ما سيمكنه من تسنم مواقع وظيفية أكثر جدارة وفي محيط أكثر ملاءمة له وأنسب لطموحه ولكفاءته)).

لم يتمكن (أوم) من نشر أول بحث له إلا في عام (1825) وقد كان بحثاً رصيناً رائعاً ضمنه تجاربه الخاصة التي توصل من خلالها إلى إثبات كيفية توليد (القوة الدافعة المغناطيسية – Electromagnetic Force) في سلك وكيف لها أن تقل كلما زاد طول السلك الذي تكونت حوله. لقد تشبع (أوم) بالمغناطيسية وأفكارها حتى أوصله حدسه يوماً إلى الاعتقاد أن على التيار المار في سلك موصل أن يتناسب مع القوة الدافعة المغناطيسية التي تولده عبر ذلك الموصل. وفي عام (1826) تمكن من نشر بحثين له ضمنهما التفسير والبرهان الرياضي على أسلوب التوصيل في الدوائر الكهربائية بالاستناد إلى نماذج (فورييه – Fourier) وقانونه في التوصيل الحراري. (راجع المدخل قبل السابق من هذا الكتاب).

وأخيراً وفي عام (1827) ظهر (قانون أوم) منشوراً في كتابه الموسوم (اختبارات رياضية للدوائر الكهربائية الكلفانية – Die Galvanische Kette، Mathematisch Bearbeitet) وقد ناقش فيه نظريته الخاصة في الكهربائية وقدم الأسس والقواعد الرياضية الشاملة لكامل هذا الحقل من المعرفة، وبذلك كان قد وضع الأسس الرياضية التي أوصلت الرياضي والفيزيائي الألماني (كوستاف كرشهوف – Gustav Kirchhoff) فيما بعد إلى وضع القانون المعروف إلى اليوم باسم **(قانون أوم)** والذي ينص على **تناسب كمية التيار الكهربائي المنتظم (I) والمار خلال مادة موصلة ما مع القوة الدافعة الكهربائية (V) المسلطة على طرفي تلك المادة وعكسياً مع مقدار مقاومتها (R)**. ومن الجدير بالاستدراك والذكر هنا أن العالم (همفري ديفي –

Hamphry Davy) كان قد درس وبحث صفات التوصيل لأطوال متغايرة من أسلاك، ولكن الفضل يرجع كامــلاً لـ(أوم) في تمكنه من صياغة القاعدة الرياضية والقيام بالتجارب العملية التي أوصلت إلى اتخاذ هذا القانون لشكله النهائي كقانون رياضي رصين.

لقــد جرته أحلامه وطموحاته إلى الاعتقاد بأنــه بنشره لنظريته وقانونه سيكون محط أنظار الجامعــات المرموقــة التي ستتهافت عليه لتقــديم عروض العمل المغري لــه لديها، ولكن أمله خــاب أشد الخيبة، وأصابه المرار واليأس؛ إذ لم تتقدم أي جامعة بعرضها إليه، أضف إلى ذلك أن بحوثــه وتجاربه لم تتمكنا من اقتناص حتى اهتمام الفيزيائيين الألمان أو تقديرهم له ولما قام بــه، بــل على العكس من ذلك، وحسب ما أثبتته الأحداث فقــد جزموا جميعاً بأن ما قام به (أوم) وما قدمه على أنه قانون جديد أو اكتشاف فريد، ما هو في الحقيقة –حسب رأيهم– إلا مكابرة رياضية قصــد (أوم) من ورائها التقرب من مُسلّمات فيزيائية وحقائق طبيعية –سبق التعرف إليها– بأسلوب ملتوٍ مختلف وبحنكة رياضية مبتكرة لا تخلو من خبث، ليس إلا!!

لقد بلغ اليأس (بأوم) من سوء استقبال معاصريه لفكرته ونبذهم لقانونه واحتقارهم لشخصه مبلغاً آلم نفسيته، وجرح كبرياءه إلى العمق الذي حدا به إلى تقديم استقالته إلى عمادة كلية الآباء اليسوعيــين في (كولون – Colonge) والتي كان يشغل منصــب الأستاذية في الرياضيات فيها ولغاية عام (1828). لقد كان التطاول عليه شديداً والتجني عليه عتيداً إلى الدرجة التي حدا بواحد من منتقدي كتابه أن يكتب علناً في حقه مايلي:

((لا يعدو هذا العمل كونه جهداً شخصياً منتزع الجذور لا يمت إلى الفيزياء ولا للطبيعة بصــلة، بل وعلى العكس هو يسيء إليهما أشد الإساءة.. يهينها ويهين فيزيائييها أشد الإهانة وفي الصميم)).

أما وزير التعليم الألماني فقد قال كلمته الفصل، والتي كانت بمثابة المطرقة القاصمة الهوجاء، والضربــة القاضيــة الرعناء علــى كل آمــال الرجل وشخصــه والطعنة النجــلاء لكامل كبريائه وطموحه وذلك حين أعلن على الملأ: (**إن أســتاذاً بهذا القدر من الصفاقة وقلة الإدراك والذي سمح لنفسه بتجاهل مبادئ الطبيعة وعلوم الفيزياء لا يستحق وبكل بساطة أن يكون أستاذاً لتدريس العلوم!!**).

نعم... لقد عاش (أوم) في فترة شهدت أوروبا وبريطانيا خلالها سوق عالم جليل مثل (إسحاق نيوتن) سوقاً إلى الجنون حينما انبرى إليه بضعة من الآباء الإنجليز اليسوعيين يناقشونه في نظريته في تكوّن ألوان الطيف، مدافعين عن جهلهم وآرائهم البالية متناسين نهضة الفكر ورجاحة العقل التي كان يبزهم فيها، منتقصين من أدائه، مقللين من شأن تجاربه، مصممين على الاستمرار في نقاشهم مصرّين على ذلك مدة طويلة من الزمن دفعت نيوتن دفعاً إلى مهاوي الانهيار العصبي، بل وأوشك فعلاً على الجنون.

استمر (أوم) في صبره وكفاحه فتقدم في عام (1883) لمنصب الأستاذية في مدرسة البوليتكنيك في مدينة (نورنبرك – Nurenberg)، وقُبل بها وابتدأ دراساته وأبحاثه من جديد فيها، وواضب عليهما أملاً في الحصول على شيء من الاحترام أو التبجيل من قبل المجالس العلمية خارج التراب الألماني. داوم على ذلك، حتى اطّلع الفيزيائي الأمريكي ذائع الصيت (جوزيف هنري (1797–1878) Joseph Henry) على أعماله، واعتبرها– بحق– طفرة علمية هائلة وقد أعجب بها أيما إعجاب بالنظر لدقتها العالية واتسامها بالوضوح والشفافية وعمق التفكير الذي امتازت به، والذي لابد أن يعتبر إضافة نوعية، بل طفرة نادرة في مجال علوم الدوائر الكهربائية!

قُيِّمت أعمال (أوم) وأبحاثه أخيراً، بعد تلك الفترة المرة المظلمة في حياته، والتي عاش خلالها منسياً مركوناً منطوياً على نفسه وأفكاره، وذلك بمنحه الميدالية الشرفية المسماة بـ(ميدالية كوبلي – Copley) وذلك في عام (1811) وتم الاعتراف به عالماً، وبأعماله إبداعاً وذلك من قبل الجمعية الملكية ولكن بعد ثمان سنوات طوال عجاف من الجهاد والمثابرة... تلك المدة التي كان بإمكانها سحق أي إنسان غيره أقل منه صبراً وجلداً وألين منه عوداً وشكيمة.

في عام (1843) انتقل اهتمام (أوم) إلى دراسة الأسس والمسلّمات الخاصة بعملية انتقال الأصوات وركز أبحاثه على دراسة طرق انتقال وتفسير الأصوات في الأذن البشرية وكيفية إدراكها لذلك الطيف المعقد المترامي من النغمات، ولكنه في طريقه لإنجاز ذلك، تعكز على سلسلة طويلة من الفرضيات الرياضية المعقدة وغير المبررة، الأمر الذي أذكى نزعة التكالب

والنقــد عليـه من جديد وبالأخص من قبل الفيزيائـي (أوكست سيبـك (1805-1849) August Seebeck)[1].

وأخيراً تمكن (أوم) من تتويج آماله وتحقيق أحلامه قبل وفاته بسنتين اثنتين فقط أي في عام (1852)، وذلك بتسنمه كرسي الأستاذية في الفيزياء في جامعة (ميونخ – Munich).

لخصت (كنث كانيفا – Keneth Caneva) في مدخلها من كتاب (معجم سير العلماء الذاتية) حياة (أوم) بقولها:

((لقد كان لانطوائية (أوم) في شخصـيته، والألمعية السـاطعة في طبيعة أفكاره وإقدامه وصـبره ومجالدته في عمله صفات أصيلة الجذور واجبة الحضور في كيان وفكر إنسان اسـتطاع تحويـل المجردات الرياضـية إلى حقائق كيميائية ملموسـة، ووقائـع فيزيائية محسوسة تمكن من توظيفها ضمن القاعدة العريضة للكهرباء الكلفانية))[2].

أما اليوم، فقد حُفظ شرف (أوم) ومُجِّد تقديره بإطلاق اسمه على وحدة المقاومة الكهربائية وهـي (الأوم). وتُعـرَّف (الأوم) بأنها المقاومة الحادثة في (موصل) إذا ما ولد فرق جهد قوة دافعة كهربائية مقدارها (فولتاً واحـداً)، تياراً ما بين وصلتيه مقداره (أمبيراً واحداً). ويتخذ (الأوم) رمـز الحـرف الإغريقي الأخـير من أبجديته وهو (الأوميـكا –Ω) دلالة له، وتعتبر وحدات الأوم والكليوأوم [10(عشرة تكعيب) Ω] والميكاأوم [10(عشرة مرفوعة إلى القوة السادسة) Ω] وحدات معروفـة جداً وشائعة التداول والاستعمال ما بين مهندسي الكهرباء

---

(1) هـو الأستـاذ الدكتـور الذي غالباً مـا يذكر اسمه مقترنـاً بأبحاثه حول الأصـوات وحاسة السمع. درس في جامعة دريزدن للتكنولوجيـا (Technische University Dresden) وقـدم أفـكاراً ثوريـة حول علاقة الترددات بالنغمـة الأساسية وشدة الصـوت. عارضت أفـكاره (التي اكتسبت أحقية علمية لاحقـاً) أفكار كل مـن (أوم – Ohm) و(هلمهولتز – Helmholtz) اللذان كانا قد تبنيا منظور (فوريية – Fourier) لتحليل الموجات. (المترجم).

(2) Galvanic Electricity – وتعني القوة الدافعة الكهربائية (ق.د.ك) والتيار المستمر الناتجان عن البطاريات بكافة أنواعها، أو بواسطـة المزدوجات الحراريـة (Thermal Couples) والخلايا الشمسية ومكائن توليدهـا المعروفة (بالمولدات – – Dynmos). وتنسـب التسميـة إلى [لوكي كالفاني (1737-1798 – Luigi Galvani)]، الطبيب والفيزيائي الإيطالي الذي عاش ومـات في مدينـة (بولونـا – Bologna) والذي تمكن في عام (1771) من اكتشاف اختلاج عضـلات أفخاذ الضفادع الميتة عند مسهـا بشـرارة كهربائية. وفتح بذلك باب ما عـرف لاحقاً (بالكهرباء الحيوية – Bioelectricity)، وهـي اليوم أساس دراسات توليد وانتقال الإيعاز العصبي والتقلص العضلي ودراسة فسلجتها لدى الإنسان وبقية الأحياء (المترجم).

والإلكترونيــك، وكتقدير مضاف واعتراف آخر بفضل (أوم) وأعماله فقد أطلق اسمه على إحدى فوهات القمر بقطر (64 كيلومتراً)، وتمت المصادقة على تلك التسمية من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عام (1970م).

لقد أنصف كاتب السير الذاتية المؤلف (رولو ابليارد – Rollo Appleyerd) أوم حينما قيّــم أعماله، وعكــس أهميتها على مجمل التقــدم التكنولوجي والعلمــي في حقل الكهرباء وحقــول العلــم الأخرى، حسب ما ثبتــهُ في كتابه الصادر في عــام (1930م) بعنوان (رواد الاتصالات الكهربائية) والذي جاء فيه:

((منذ قرن مضى وحسب، لم يكن لشيء اسمه (علم وممارسة القياسات الكهربائية) أي وجود!! ما عدا استثناءات هنا، وشواذ هناك، فقد عملت المصطلحات العشوائية في مجالي شدة الكهربائية وكمياتها العارية عن الدقة والانضباط. إضافة إلى تداول الأفكار والآراء الفجة بخصوص ظاهرة التوصــيل واشــتقاق الدوائر التي لم تبلغ نضجها بعد، على تأخر تقدم بل وحتى تخلف البحوث والتجارب الكمية الكهربائية... ولكن برغم هذا التخبط وكل ذلك الارتباك أمكن ولادة الفكرة التي قلبت كل تلك الفوضى وكل ذاك التخبط إلى نظام جميل سائغ للعقل وللفكر، حيث أمكن تحويل القياســات الكهربائية إلى أعظم العلوم والعمليات الفيزيائية دقة وأكثرها وضوحاً، مكنته من مد يد العون وتطوير كافة أوجه وفروع البحوث الكمية الكهربائية الأخرى. وما تم كل ذلك الظفر وما توّج كل ذلك الانتصار إلا بجهود قيمة جليلة فذة، وعمل مستمر مضن خلاق من لدن شخص واحد اسمه [جورج أوم])).

وختامــاً دعنا نطلع على روح الدعابة وخفة الظل والمرح التي قلما تجد لها نظيراً في تاريخ الكهربــاء المعقد، وذلك بقراءة الوصف الفريد لمثالــب وفوائد [المقاومة (الكهربائية بالطبع) ومن يستطيع أن يقصد غيرها!!] وعرابها الأستاذ الدكتور أوم.

«نعم لا أحد ينكر بعض المثالب، وحتى الأخطار التي يمكن أن تنجم عن... أو التي قد تســببها (المقاومــة) عند مرور التيار الكهربائي خلال الأســلاك على اختلاف أنواعها وأشــكالها، و/ أو خلال الموصــلات، الخطب الذي قد يؤدي إلى احتراقها أو احتراق أغلفتها البلاســتيكية أو

طلائها، كما يمكن أن تتسبب في تصاعد الدخان والروائح الكريهة. ناهيك عن احتمال احتراق الدوائـر الكهربائية وعطبها و/أو ذوبان أجزائهـا المعدنية. ولكن من جهة ثانية دعنا نهدأ قليلاً ونفكـر في أن ضـياع فائدة الكبح الكهربائي الـذي توفره لنا المقاومـة، ودون الطاقة الحرارية والضوئية التي تمنحنا إياها، ستكون كافة آلاتنا وكأنها قد تحررت من زمامها، وأفلتت من عقالها، وصارت تدور وتعمل بلا ضابط من احتكاك ولا كابح من حرارة، وكأن كفاءتها قد تحررت من ضـوابها... ولهذا الأمر من خطورة الحال، وسـوء المآل، ما يمكننا تشبيهه بإصابتها بحالة مماثلة لإصابة الإنسـان بداء(الباركنسون)[1] بحيث لم تعد له سيطرة على دقة تحركاته ولا على براعة أدائـه. أضـف إلى كل ذلك أنه بذهاب المقاومة الكهربائية سـنفقد وإلى غـير رجعة متعة التدثر بالأغطية الكهربائية شتاء وتسخين المياه لتحضير فناجيل الشاي في أباريقها مساءً، كما سنتحسر على غياب لألأة المصابيح الكهربائية الحمراء الجميلة في أمسية عشاء رومانسية!!...)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى

Anderson, Antony, "Spare a Thought for the Ohm," *New Scientist*, May 7, 1987; see www.antony-anderson.com/ohm.htm.

Appleyard, Rollo, *Pioneers of Electrical Communication* (London: Macmillan & Company, 1930)

Bueche, Frederick, *Introduction to Physics for Scientists and Engineers* (New York: McGraw-Hill, 1975).

Caneva, Kenneth, "Georg Ohm," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Lockwood, Thomas, preface to "The Galvanic Circuit Investigated Mathematically" by Georg Ohm, Berlin, 1827; translated by William Francis (New York: D. Van Nostrand Company, 1891).

Morse, Michael S., "Report on Findings and Recommendations, Prepared Following Visit to Florida State Penitentiary at Starke, FL," Florida Corrections Commission, April 8, 1997; from www.fcc.state.fl.us/fcc/reports/methods/emappa.html (website no longer accessible).

(1) Parkinson's Disease – Parkinsonism: متلازمـة عصبيـة يعاني المصاب بها من الرُعاش (العضلي – Tremor) ووهـن القوى (Hypokinesia)، وتصلـب العضلات (Muscular Rigidity)، وعدم استقـرار الهيئة والانتصاب (Po – tural Instability). أسبابهـا متعـددة وتشخيصها معقد وقـد تنتج عن الضمور العصبي وبعض السموم، أو الأمراض الأيضية أو حتى بعض الأدوية مثل مضادات الكآبة ومضادات الذهان والعصاب. (المترجم).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة

• لم يتوصل أوم بنفسه إلى توصيف نتائجه التجريبية، ولم يتمكن مطلقاً من وضعها في الشكل الرياضي المحبك شديد الاختصار كما نعرفه اليوم، وهو تناسب الفولتية مع التيار ($V \propto i$) أو مساواة الفولتية لحاصل ضرب التيار في المقاومة ($V = iR$). وإنما يعود الفضل في ذلك إلى العالم والفيزيائي الألماني الألمعي [كوستاف كرشهوف (1824-1887) Gustav Kirchhoff]، الذي استطاع أن (يستبصر) النور المطمور ما بين طيات تجارب (أوم) المعقدة وتمكن من إدراك الظاهرة العامة للتوصيل الكهربائي بالمنطق العلمي الحديث، وصاغ بموجب ذلك القانون أعلاه. ولكن برغم كل ذلك احتفظ العلم بحق (أوم) وبمجهوده، فلم تُذكر منذئذ أي علاقة خطية تربط أي تيار بأي قوة دافعة كهربائية إلا وأطلق عليها اسم (قانون أوم).

ايسبرك وليرنر

Robert M. Eisberg and Lawrence S. Lerner، (Physies).

ما جاء في كتابهما (علم الفيزياء).

• دعنا نناقش -وبموضوعية مطلقة- ما ارتآه واقترحه (أندريه لندي- Andrei Linde) في احتمالية وجود أكثر من مجموعة واحدة من القوانين الكونية شمولية الصحة وعالمية التطبيق في كافة أرجاء الكون وإبدالها بفكرة وجود أكوان متعددة لكل واحد منها مجموعته الخاصة به من القوانين التي ينقاد إليها والنظريات الذاتية التي يعمل بموجبها، وكل كون من تلك الأكوان الكثيرة والكثيرة جداً (واللانهائية العدد) يختلف عشوائياً بكيانه ووجوده وقوانينه الفيزيائية ونظرياته عما سواه.. والآن وضمن هذه الفرضية الجامحة، ألا يستوجب علينا --منطقياً- أن نوقظ أنفسنا إلى واقع الحال ونتوقف عن (الحلم) الطفولي الساذج بتوقع الوصول إلى أي قانون فيزيائي كوني مطلق قابل للتطبيق فيها جميعاً؟!

والآن لنعد إلى لبّ الفرضية: أن مجرد افتراض كون فكرة الأكوان العشوائية اللامتناهية العدد هي فكرة إلهية، لابد وأن يتضمن من المثالب الشيء الكثير بل هي فكرة مقبورة في مهدها لسبب واضح

بسيط جلي ألا وهو أن العشوائية بحد ذاتها لا تمثل ولا تنبع من أي فكرة أصلاً، فضلاً عن كونها نتاج لتفكير الإله السليم (جل وعلا) ذاته.

بسك

Peter Pesic، (Bell & the Buzzer، On the Meaning of Science) Daedalus، Fall 2003

من مقالته - في معنى العلوم.

• لعل من أهم خصائص (القانون الطبيعي)، بل أخالها الصفة الأبرز التي تجعله قانوناً طبيعياً عاماً، هي وجوب تحليه بصفة (الانزلاق) والتملص من بين أصابع يديك ومن خلال نتائج تجاربك كلما حاولت إحكام قبضتك عليه. بعبارة علمية أدق... إن أدق ما يمكن أن يقال بشأن أي قانون كوني حصيف هو كونه لا يتجاوز مجرد (نظرية) أمكن إثباتها والتأكد من صحتها بعد إخضاعها للمئات بل وللآلاف من التجارب التي أمّنت للجميع سلامة الركون إليها وتطبيقها والقبول بصوابها. ولكن احترس! عليك أن تعلم أنه لا يوجد ما هو (طبيعي) حقاً بشأن أي منها، إنها جميعاً عبارة عن صناعة بشرية بحتة وبامتياز.

Naw Scientist، (Editorial، Breaking the Laws)، April 29،2006

من مقالة للمحرر بعنوان (تحطيم القوانين). مجلة نيوسينتست.

• لا أستطيع -إطلاقاً- اعتبار العلم إلا عملاً تخريبياً مدمراً حتى النخاع!! (هذا ما صرح به (دايسن فريمن- Dysan Freeman).. (وإليك الدليل)..

لا يهمني إن كان هؤلاء قد تعكزوا -على العلم- أو استندوا إليه، ولا يهم إن كان ذلك تغيّراً جذرياً لفكرة متأصلة كما قام به (هيزنبرك - Heisenberg) من إنهاء مبدأ السببية بتقديمه (نظرية ميكانيكا الكم - Quentum Mechanics). أو ما جاء به (كودل - Godel) بتدمير المسلّمات الرياضية التي نادى بها المبدأ الأفلاطوني الحقيقي، أو الدعوة العامة لازدراء وتحقير، ومن ثم نبذ الروح الدينية والمبادئ السياسية، كما فعل (غاليليو - Galilio) و(أندريه سخاروف - Andrei Sakharov)...، وذلك لأن الخلق العلمي (وفي ذلك أعني أن تتبع سجيتك على هواها وأن تطلق العنان لأفكارك لتبلغ سماها) هو الخطر المدمر الأكبر لكافة النظم والصروح والمزعزع لشتى المنشآت

الفكرية على اختلاف أنواعها عبر العصور.

جونسون

Geerge Hohnson، (Dancing with the Stars) New York Times Book Review

جزء مقتطف من كتابه (الرقص مع النجوم).

• ... بعد جهد جهيد وسفر شاق بين الأفكار والمعتقدات استقر رأي العالم على اتخاذ العلم مذهباً له... وياله من مذهب، فكلما تعمقت في دراسة (حقائقه) العلمية، أيقنت بل وصُدمت بكونها حالات وقتية طارئة لا تلبث أن تخلي محلها لغيرها... إن للحقيقة العلمية صفة التناسب العكسي مع مقدار الجهد الذي بُذل للوصول إليها، وعليه نجد أن دورة حياة وأعمار اكتشافات منتصف وأواخر القرن العشرين لهي أقصر بكثير مقارنة بمثيلاتها من القوانين والأسس والمبادئ الأقدم في التاريخ. ولا نجد في الواقع سبباً حقيقياً لذلك إلا بكثرة الفرضيات (الجاهزة - أو التي ستجهّز وتنضج بعد فترة وجيزة) والتي تستعد متأهبة لاستبدالها والحلول محلها.. ولكن إذا ما أطرقنا قليلاً أو فكرنا بعمق أكثر لإيجاد السبب المقنع الذي أدى إلى تكاثر وتراكم تلك الأعداد (الهائلة) من الفرضيات. فلن تجد إلا اتباع (الأسلوب العلمي) (Scientific Mehtod) ذاته سبباً مباشراً لذلك.

برسك

Robert Pirsig، (Zen and the Art of Motorcycle Maintenance)

مقتطف من كتابه (زين وفن صيانة الدراجات).

قانون كراهام للتنافذ

GRAHAM ´ S LAW OF EFFUSION

أسكوتلاندا، 1829

تتناسب معدلات تنافذ غازين عكسياً مع الجذر التربيعي لكثافتيهما. تتنافذ (أي تختلط) الغازات الأقل كثافة – تحت درجات الحرارة عينها ومناسيب الضغط ذاتها– أسرع من مثيلاتها الأكثر كثافة.

محاور ذوات علاقة

جون دالتن (JOHN DALTON)، وميشيل فراداي (MICHAEL FARADAY)، ويوهان دوبرينير (JOHANN DOBEREINER)، وقانون أفوكادرو للغازات (AVOGADRO'S GAS LAW).

من أحداث عام 1829

– تم تحريم تجارة العبيد في المكسيك.

– مُنحت أول براءة اختراع أمريكية لأول آلة طابعة للأمريكي (وليم برت – William Burt) من ولاية ديترويت. وقد أطلق عليها في حينها اسم (Typographer).

– منحت الدولة العثمانية اليونان استقلالها.

نص القانون وشرحه

ينص قانون (كراهام) على **تناسب تنافذ أي غاز عكسياً مع الجذر التربيعي لكتلة جزيئاته**، بطريقة يحكمها القانون الآتي:

$$\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

حيث يمثل R_1 – معدل نفوذية أحد الغازات.

و R_2 – معدل نفوذية الغاز الآخر.

و M_1 – الكتلة العيارية (Molar Mass) للغاز الأول.

و M_2 – الكتلة العيارية (Molar Mass) للغاز الآخر.

ينطبق قانون (كراهام) على ظاهرتي (التنافذ – Effusion) و(الانتشار – Diffusion). ولا حاجة لنا للتأكيد هنا بأن الأحجام المتساوية من الغازات المختلفة التي تحتوي على ذات العدد من الجزيئات، وحسب (قانون أفوكادرو) للغازات، ستحتوي بالطبع على نفس عدد الأوزان العيارية (Moles) في اللتر الواحد، هذا على شرط خضوعها لعين ظروف درجات الحرارة ومناسيب الضغط. وعليه ستتناسب كثافة أي غاز طردياً مع كتلته العيارية [راجع تعريف وشرح المعنى العلمي لموضوع الأوزان العيارية (Moles) في مدخل (قانون أفوكادرو للغازات) كذلك].

تعرف ظاهرة التنافذ (Effusion) بأنها العملية التي تتحرك بموجبها جزيئات غاز (ما) خلال ثقب صغير جداً بحيث لا يسمح (نظرياً) إلا بمرور جزيئة غاز واحدة خلاله في المرة الواحدة. ويعتمد معدل التنافذ على الوزن الجزيئي للغاز المعني بالطبع. بمعنى أن الغازات ذوات الأوزان الجزيئية الخفيفة جداً (كالهيدروجين) مثلاً ستكون لها قابلية التنافذ بسرعة أكبر من تلك التي تتمتع بأوزان جزيئية أثقل، وذلك لسبب بسيط هو أن الأولى سيكون لها حرية التحرك بسرعة أعظم. وبإمكاننا فهم هذه الظاهرة بيسر، إذا ما تصورنا غازين مختلفين يتألفان من نوعين متغايرين من الجزيئات، ولكنهما يحملان المقدار نفسه من الطاقة الحركية (أي مخزونين تحت ذات ظروف درجات الحرارة ومناسيب الضغط)، وبالتعبير الرياضي:

$$\boxed{E_1 = E_2}$$

ولما كان $E1 = 1/2\, M1\, V1^2$

و $E2 = 1/2\, M2\, V2^2$

إذن $1/2\, M1\, V1^2 = 1/2\, M2\, V2^2$

و $$\boxed{M1\, V1^2 - M2\, V2^2}$$

وهذا يعني أن باحتواء الغازين على القيم نفسها من كمية الطاقة الحركية، فإن الجزيئة الأخف (أي الأقل كتلة) لابد لها أن تسير بسرعة أعظم، حتى تتم مساواة المعادلة الأخيرة.

وعليه فإن البالون المملوء بالهواء الاعتيادي سيفرغ نفسه بسرعة أبطأ من البالون المملوء بغاز الهيدروجين، لأن الغاز الأخير أخف، أي أن لجزيئاته كتلة أقل.

تعرَّف ظاهرة الانتشار (Diffusion) بأنها الطريقة التي تستعمل لتفسير أسلوب (انتشار أو تحـرُّك) مادة ما خلال أخرى، كما ينتشر شذى عطر أخاذ في أرجاء صالة عشاء دخلتها لتوها أنيقة حسناء. ويصحّ على ظاهرة (الانتشار) ما صحّ على ظاهرة (النفوذ) بمعنى قابلية الجزيئات الأخف كتلة على التحرك خلال الوسط بسرعة أعظم.

لقد تطرق أول بحث نشره (كراهام) في عام (1829) بالخصوص إلى شرح ظاهرة (الانتشار) في الغازات والذي ذكر فيه إمكانية مقارنة المعدلات النسبية (لانتشار) الغازات بالمعدلات النسبية (لنفوذيتها). وعلى الرغم من احتواء هذا البحث الذي صدر تحت عنوان (شرح مبسط للبحوث التجريبية الخاصة بانتشار الغازات خلال بعضها البعض والأساليب الميكانيكية لإعادة فصلها) على كل أساسيات ومبادئ قانونه، إلا أن ورقته الموالية التي نشرت في عام (1833) تحت عنوان (في سبيل قانون للانتشار الغازي) كانت قد تمكنت بالفعل من إيصال فكرته وتوضيح مراده وقد جاء فيها:

> **((تتم عملية الانتشار، أو ما يقصد بها عملية الامتزاج المتبادل ما بين غازين متماسين بتبادل مواضع وأمكنة كميات متناهية الصغر من حجوم كلا الغازين وإحلال جزيئات من أحدهما مكان الأخرى. ولا يشترط أبداً أن تتساوى أحجام الغازات المتبادلة ولكنها والحالة هذه لابد أن تتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لكثافتيهما، بمعنى أن على التنافذ أو الإحلال أن يتم ما بين الوحدات الدقيقة والمتناهية الصغر من الغازات، لا أن يتم ما بين كتل محسوسة منهما)).**

واعتقد (كراهام) أو لعله اقترح فعلاً بأن خير استخدام وأمثل استفادة من قانونه هي باستعماله لتعيين قيم (الجاذبية النوعية – Specific Gravity) للغازات بدقة كبيرة وهو بذلك كان قد تفوق على كل الطرق والأساليب المتوافرة آنئذ. وتمكن كذلك –ومن خلال تجاربه على قياس تنافذ الغازات عبر ثقب صغير في قطعة معدن فاصلة بين حيزين مُحكمين

يحتويان على غازين مختلفين – من إثبات التناسب العكسي ما بين سرعة إزاحة كل منهما مع الجذر التربيعي لكثافته.

وكمثال على ذلك دعنا نحسب معدل التنافذ (Effusion) النسبي ما بين غازي الهيدروجين [H_2 ووزنه الجزيئي (2) والنتروجين N_2 ووزنه الجزيئي (28)]، فبتطبيق قانون كراهام للجذر التربيعي العكسي سنحصل على:

$$\frac{R_H}{R_N} = \sqrt{\frac{28}{2}} = 3.74$$

وهذا يعني أنه بإمكان غاز الهيدروجين (الأقل وزناً جزيئياً) أن ينتشر (Diffuses) أو أن ينفذ (Effuses) بمقدار (3.74) من المرات أسرع من غاز النتروجين (الأكثر وزناً جزيئياً). وهنا وباستعمالك القانون السابق سيكون باستطاعتك –وعن طريق التعويض المباشر– إيجاد قيمة الوزن الجزيئي التقريبي لأي غاز مجهول، إذا ما علمت معدل سرعة تنافذه النسبي مع أي غاز آخر يكون وزنه الجزيئي معلوماً لديك.

للفضوليين فقط

• لقد كان (كراهام) أول من صاغ مصطلح (غروي – Colloid) لوصف أحد أنواع المحاليل، كما كان من أوائل المبتكرين لطريقة الفصل بواسطة التنافذ الثنائي عبر غشاء فاصل بين محلولين (Dialysis)[1]. وقد استعملها فعلاً لفصل (المحاليل الغروية – Colloids) عن (المحاليل الحقيقية – Crystalloids).

• وصف في أحد بحوثه المنشورة الأقل شهرة وتداولاً طريقته التي ابتكرها لتعيين مقدار نقاوة أكواب القهوة المحضرة تجارياً.

• لقد ظلت (الجمعية الألمانية لعلوم الغرويات) لسنين عديدة تمنح جائزة اسمها جائزة

(1) وهي عملية (الميز الغشائي). (المترجم)

(توماس كراهام – Thomas Graham) للإنجازات المتميزة في تقدم تلك العلوم، وتضمنت الجائزة –من ضمن ما تضمنته– مسكوكة ذهبية تذكارية.

• لقد ساعد (قانون كراهام للتنافذ) الولايات المتحدة الأمريكية على تحقيق هدفها في صناعة القنبلتين الذريتين اللتين ألقتهما على مدينتي هيروشيما ونكازاكي اليابانيتين ودمرتهما.

أقوال مأثورة

– لا توجد في الطبيعة انتقالات مفاجئة، ولا تحولات جذرية سريعة.. ولا يمكننا الفصل بين الأحداث والكائنات والأشياء بخطوط صارمة ولا تصنيفها ضمن مراحل جامدة محددة.

كراهام

Thomas Graham، describing crystalloid and colloid states of materials، in (Liquid Diffusion Applied to Analysis.

من وصفه للفرق بين المحاليل الحقيقية والغروية في مقالته المنشورة بعنوان (ظاهرة التنافذ بين السوائل كأحد أساليب تحليلها).

– لقد أمضى (توماس كراهام) حياته في تصفح وقراءة كتاب الطبيعة بتمعن شديد وصبر جميل وكان كثيراً ما يُتحف العالم –بين الفينة والأخرى– بما تجود به قريحته وتتوصل إليه عبقريته من بنود المعرفة وجواهر الحقيقة التي كان يعثر عليها فيه. على المنصفين ألاّ يحدّدوا تقييم هذا الإنسان ولا يُقصروا احترامه على ما جادت به قريحته من نافع العلوم ونفائس المعرفة، وإنما بطول الصبر وقوة الشكيمة وصلابة العزيمة التي تحلى بها ونذر عُمره في سبيلها، وجبَلَ نفسه على سجيتها واتخذها نبراساً له ألهمته وأعانته في تجاوز صعاب وتحقيق أهداف تجاربه الفلسفية النبيلة التي لم تكن لترى النور لولاها.

وليمسن

A.W. Williamson، (The Late Proferssor Graham)، Nature November 4، 1869

مقتبسة من مقالة له في مجلة (نيتشر) بعنوان: البرفيسور كراهام.

- عُـرف (ثوماس كراهـام) بكونه رجلاً متردداً شديد الخجل والحيـاء، أمضى جلّ حياته بـين دوارق المختـبرات وأنابيبهـا، ولم يكـن له قبـلاً في الفصاحة الخطابيـة ولا في الخبرات الاجتماعيـة... فلـم يتمكن مـن تملك زمام نفسـه، وضاع منـه رباط جأشـه حينما حضر -ولأول مرة- إلى قاعة المحاضرات في (جامعة كلاسكو) لإلقاء أول محاضرة له في موضوع (الكيمياء). فما أن رأى جموع الطلاب المحتشدة حتى تلفّت حوله بارتباك وولى هارباً.

- (The Victorian Age Part Two)، in Cambridge History of English and American Literature، (1907-1921).

من مجلدات العصر الفكتوري الجزء الثاني - تاريخ جامعة كمبردج في الأدبين الإنجليزي والأمريكي للفترة (1921-1907).

ملخص لسيرة حياة المكتشف

ولد العـالم الكيميائي الأسكوتلاندي [ثوماس كرهـام (1869-1805) Thomas Graham] والذي اشتهر بقانونه للغازات وبأعماله وتجاربه في حقل الكيمياء الغروية (Chemistry Colloid)، في مقاطعة كلاسكو (Glasgow) في أسكوتلاندا.

لقـد أصر والده الذي كان يعمـل صانعاً للنسيج والأقمشة دائماً علـى أن يتخذ (كراهام) المسلـك الكهنوتي وأن يصبح قسّـاً ضمن الكنيسة الأسكتلاندية، الأمـر الذي دفعه -على الدوام- إلى معارضة ميول ولده وتطلعاته للاستزادة من مواضيع الكيمياء التي أحبها وشغف بها. ولكن على الرغم من تعنت الوالد وإصراره وتعصبه لرأيه، فقد كان (لكراهام) بقية وافرة من حظ جميل دفع كلاً من والدته وشقيقته إلى دعمه ومساندته ومد يد التشجيع والمؤازرة له على طول خط خلافه مع والده وبث روح الصبر والمطاولة فيه وحثه باستمرار على مواصلة دراساتـه واهتماماته بمواضيع العلوم والبحث، الأمر الـذي مكنه من تحقيق أحلامه وتجسيد طموحاته في مجالات وميادين العلوم والإبداع لا ضمن أقبية ودهاليز القسوسة والكهنوت.

التحق (كراهام) في عام (1814) بالمدرسة المتوسطة والثانوية في مدينة (كلاسكو)، وظل مواظباً على الدراسة والحضور، حتى إنه لم يُسجّل عليه -وخلال السنوات الخمس اللاحقة-

غيـاب يوم واحد. لقد أحب الدراسة وأبـدع فيها وتخطى سنيها بنجاح واطراد حتى تمكن بعد سنواتها الخمس، أي في عام (1819) من الدخول إلى (جامعة كلاسكو) ولما يبلغ الرابعة عشرة من عمره، كما تمكن من تخطي سنوات الجامعة السبع بنجاح أيضاً كلله بحصوله على درجـة الماجستـير منها (.M.A) في عـام (1826) وذلك قبل أن يُكمـل مشواره التعليمي التخصصي لسنتين أخريين في جامعة أدنبره (Edinburgh).

لقد وُصف في خلال تلك الفترة من حياته –وبمنتهى الشفافية والانفتاح في إحدى المقالات التاريخية المنشورة في مجلة (نيتشر – Nature) – بأنه:

((كان المصـان المحـاط بهالة أمه القدْسـية والتي كانت بمثابة (ملاكـه الحارس)، حيث تعاطفت معه في كل مشـاعره وشـاركته في كافة أفراحه وأتراحـه وكانت له المعين إذا أعوز والناصـح إذا أخفق. حتى ارتبط بها برباط قـوي من المحبة والولاء الذي يتعدى بمراحل عدة مجرد وصفه (بالاحترام) الذي يكنه أي ولد صالح لأمه. ومن سمات تعبيره عن حبه وتبجيله لها أنه قام بشراء الكثير من الهدايا الجميلة لها ولأخته بمجرد استلامه لأول دفعة مال نالها في حياته من جهده الخاص بعد إنجازه لبعض الأعمال الأدبية)).

وفي عام (1830) احتفل بتعيينه أستاذاً في الكيمياء من ضمن الهيئة التعليمية الموقرة لجامعة أندرسـن (Andersonian University) في كلاسكـو. لقـد كان القـدر وفياً لسخاء الإنسانـة والمـرأة والأم التي صنعت من ابنها رجلاً وبطلاً وعالماً، فقد وصل إليها خبر تسنمه لمنصـب الأستاذية ووصلت إلى قلبها نشوته وقبل أن تلفظ أنفاسها الأخيرة وهي تحتضر على فراش الموت، فكان ذلك بلسماً لروحها وعوناً لها في بداية رحلتها إلى العالم الآخر بسلام.

انتخـب (كراهام) بعد أربع سنوات، أي في عـام (1834) زميلاً للجمعية الملكية، وتمكن بعـد ذلك ببضـع سنين أخرى من الحصول علـى الترقية التي أهّلتـه إلى الوصول إلى منصب الأستاذية في الكيمياء في جامعة كلية لندن (London College University) العريقة.

وصـف (جورج كوفمن – George Kaufman) كراهام وحقبته التي عاشها في تلك الأيام بمشاركته في الكتاب الثمين (معجم سير العلماء الذاتية) قائلاً:

((لم يألُ (كراهام) جهداً في الاستفادة القصوى من وقته خلال تلك الفترة من حياته فقد كان كثير الانغماس، عظيم الاهتمام في أمور التدريب والتحرير والتأليف وإسداء النصح والاستشارة لكبار أصحاب المصانع الكيميائية وحتى في تصحيح وتدقيق الميزانية السنوية للدولة وإبداء الرأي في كثير من أمورها الأخرى... أما بعد وفاة (جون دالتن - Johon Dalton) في عام (1844) فقد أصبح هو بحق (عميد الكيميائيين) الإنجليز ورأس قائمتهم، وهو بذلك كان قد قُلد المنصبين الفخري والفعلي لأساطين كيميائيي العصر من أمثال (جوزف بلاك - Joseph Black)، و(جوزف برستلي - Joseph Pristly)، و(هنري كفنديش - Henry Cavendish)، و(وليم ولستن - William Wollstoone)، و(همفري ديفي - Humphry Davy)، و(جون دالتن - John Dalton).. أما فيما يخص قابليته وكفاءته في التدريس العام وإلقاء المحاضرات على الطلبة، فكان خير ما يوصف به في هذا المجال كونه محاضراً سيئاً شديد الاضطراب، كثير التردد...!!)).

لقد حصل (كراهام) في خلال حياته على العديد من الأوسمة، والكثير من آيات الاحترام ومعاني التبجيل، فقد قُلِّدَ في عام (1837) الميدالية الملكية التي منحتها إياه الجمعية الملكية، كما قُلِّدَ في عام (1862) ميدالية (كوبلي – Coply) من قبل الجمعية الملكية أيضاً، وعادت الجمعية الملكية مرة أخرى لتقليده (الميدالية الملكية) مرة ثانية في عام (1855). وعيّن كذلك في عام (1837) أستاذاً للكيمياء في جامعة لندن العريقة وقد ظل محتفظاً بمنصبه فيها حتى عام (1855)، حين خَلَف (السر جون هرشل – John Herschel) في رآسته لدار ضرب المسكوكات الملكية.

لقد حاز مجال (الانتشار – Diffusion) على اهتمام (كراهام) منذ البداية فاتخذه حقلاً لاختصاصه وميداناً لتركيز أفكاره وأعماله، وعليه فتعد تجاربه وآراؤه في مجالي قياس مقدار الإزاحة النسبية لجزيئات الغازات والسوائل ومحاولة مقارنة ذلك وتبيان علاقته بكثافاتها و/ أو أوزانها الجزيئية من أهم إنجازاته ولكن علينا ألاّ ننسى، أن ما حفّز (كراهام) على ولوج هذا المجال وأثار اهتماماته وشحذ تفكيره يعود –بالدرجة الأولى– إلى بحوث وأعمال

سابقــة كان قــد قام بها الكيميائي الألمــاني [يوهان دوبرينــير (1780-1849) (Johann Dobereiner]، والذي كان قد لاحظ وقتها بأن قابلية انتشار أو (هروب) غاز الهيدروجين من خلال شرخ بسيط في إناء زجاجي كانت أسرع من قابلية الهواء المحيط به على النفاذ إليه لمعادلــة فرق الضغط الناتج وإحلاله محله. لقد قام (كراهام) خلال تجاربه الكثيرة بقياس معدل سرعــة انتشار الغازات و(هروبها) من خلال فتحات صغيرة في أغطيتها المطاطية وعن طريق أنابيــب دقيقة أدخلت إليها ومــن خلال ثقوب مجهرية أحدثت فيهــا. وفي واحدة من أشهر تجاربــه التي حفظها التاريخ له، قيامه بقياس كمية غــاز الهيدروجين المتسربة من خلال ثقب دقيــق جــداً كان قد أحدثه في سطح سدادة محكمة من (معــدن البلاتين) استخدمها لختم إناء يحتــوي على غاز (الهيدروجين) ومــن ثم إعادة التجربة ذاتها باستخــدام نفس الإناء وعين الســدادة (البلاتينية) المحكمة الحاوية على الثقــب بعد إبدال غاز الهيدروجين الذي كان فيه بغاز (الأوكسجين). وبعد إعادته لتلك التجربة مرات ومرات والتأكد من حساباته وقياساته، تمكن من التوصل إلى حقيقة الاستنتاج بأن في مقابل كل جزئية (أوكسجين) أمكنها الخروج مــن خلال فتحة ذلك الإنــاء كانت هناك أربعة جزيئات من غــاز (الهيدروجين) تخرج في الفترة الزمنية ذاتها، أي ما يدل على أن سرعة خروج ونفاذ جزيئات الهيدروجين تفوق سرعة نفاذ جزيئات غاز (الأوكسجين) وفي خلال نفس الفتحة الدقيقة أربعة أضعاف.

تمكــن (كراهام) في عــام (1829) من تصميم وإنجاز التجربة الآتية والتي قام خلالها بغمر أسطوانــة زجاجية مفتوحــة الطرفين داخل إناء مملــوء بالماء وذلك لغرضــ دراسة سرعة نفاد الغــازات منها وانتشارها خارجهــا وبالأخص محاولته بعد ذلك دراســة معدل سرعة امتزاج غازيــن ببعضهما. ففــي محاولته الأولى قام بســد نهايتي الأسطوانــة الزجاجية بلاصق محكم يحتــوي على ثقوب كبيرة نسبياً تسمح بتسرب الهــواء المحصور داخلها بحرية إلى إناء مائي بعد غمرها فيه، ثم قام بعد ذلك بملء الأسطوانة ذاتها بغاز الهدروجين (H_2)، ثم عاد وغمرها في ذات الإناء المائي السابق فلاحظ بُطء ارتفاع منسوب الماء فيها، مقارنة بسرعة ارتفاعه عنها في الحالــة السابقة، وفسر ذلك بسرعة انتشار جزيئات غاز الهدروجين (وهروبه) إلى خارج

الأسطوانة إلى الإناء المائي (بوتيرة أسرع)، مقارنة بجزيئات الماء التي تحاول الدخول إليها. وبدراسة سرعة زيادة ارتفاع مستوى ماء الإناء الحاوي على الأسطوانات الزجاجية أو سرعة دخول الماء إليها وارتفاع منسوبه فيها، تمكن كراهام من تعيين معدل سرع تسرب الغازات المختلفة من الأسطوانات المغمورة إلى الإناء المائي الذي يحتويها، ومن ثم تعيين معدل سرع امتزاج الغازات المختلفة التي تحويها مع الهواء.

وبإعادة وضبط وقياس كافة المتغيرات والثوابت في تجاربه المختلفة، توصل إلى الاستنتاج بأن معدل سرعة انتشار الغازات لابد أن يتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لكثافاتها. وكما ذكرنا آنفاً فإن (كراهام) كان قد توصل إلى نتائج مشابهة عند اختباره ودراسته لعملية هروب وانتشار الغازات باستعماله قطعة المعدن الحاوية على الثقب الدقيق عند قياسه لمعدل سرعة نفاذ الغازات إلى الفراغ. ففي هذه المجموعة كان قد توصل أيضاً إلى الاستناج بأن معدل سرعة نفوذية الغازات لابد وأن تتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لكثافاتها أو لأوزانها الجزيئية.

شرع (كراهام) في الخمسينيات من القرن التاسع عشر (1850s) وضمن إستراتيجيته البحثية الموسّعة بدراسة الطرق والأساليب التي تمكنه من اكتشاف استعمال (المواد غير الملائمة) وتحديدها، وتعيين الشوائب التي طفق مروجو القهوة على مزجها معها لغرض خداع زبائنهم، لتحقيق أغراض ربحية مادية طائلة غير مشروعة، فقد توصل في عام (1857) إلى الكثير من النتائج المؤكدة التي نشرها في بحثه الموسوم (تقرير في طرق اكتشاف خلط مختلف المواد النباتية (الرخيصة) مع مشروب القهوة أو حبوبها بغرض الخداع) في دورية الجمعية الكيميائية في لندن. أما اليوم فهناك العديد من التقنيات المتقدمة باستعمال طيف الأشعة ما دون الحمراء و(بصمات القهوة) المتعارف عليها دولياً وذلك لتصنيف مصادر ونوعيات وخواص القهوة المتداولة في الأسواق من جهة، ولتحديد المغشوش ونسبة ونوعية الغش في أنواع كثيرة منها من جهة أخرى. فعلى سبيل المثال: لقد تم سحب رُخص وغلق العديد من مطاحن القهوة التي دأبت على استخدام ما لا يقل عن (20 ألف طن متري) من المواد النباتية الرخيصة الأخرى لخلطها معها وجني الأرباح منها.

وقد قام (كراهام) أيضاً بدراسة (خواص نفوذية) و(قابلية ترشّح) العديد من المواد والمحاليل، وتوصــل إلى حقيقــة وجود بعض المحاليل التي هي –بالحقيقة– (مــواد معلقة في سوائل) تمتاز أحجام جزيئاتها بأنها أكبر من أن تتمكن من المرور من خلال مرشحات جلود الغزلان أو الماعز (Parchment). وقد تمكن في عام (1861) من صياغة المصطلح المعروف اليوم بـ(الغرويات – Colloids) وهو يشمل مجموعة المحاليل ذوات القوام المستحلب أو الهيلامي (الجيلاتيني) والتي لا تنفذ إلا ببطء شديد وصعوبة بالغة من خلال المرشحات المسامية الاعتيادية.

يعد (كراهــام) اليــوم الأب الشرعي لعلم كيميــاء الغرويــات (Colloid Chemistry)، ففي خلال أبحاثــه وتجاربه توصل إلى تصنيف الجسيمات الصغـيرة والجزيئات إلى مجموعتين، الأولى وهــي تلــك التــي يُمكنها حين ذوبانهــا الكامل في المــاء أن تكون (المحاليــل الحقيقية – Crystalloid)، وخير مثال وأبسطه عليها هو ذوبان ملح الطعام الاعتيادي وهو مادة متبلورة في الماء، حيث تكون جزيئاته من الصغر بحيث تنتشر ضمن جزيئات الماء بسرعة. والثانية... هي تلك المواد التي تنتمي إلى مجاميع (النشأ النباتي – Starch) أو (النشأ الحيواني – Glycogen) و(أنواع الأصماغ – Gums) و(الهيلام – Gelatin) والتي لا تستطيع النفوذ أبداً أو تستطيع فقط ولكن بصعوبة كبيرة، وتمتاز تلك المواد بعدم قابليتها على تكوين البلورات[1].

أعلــن (كراهــام) آراءه ونتائج أبحاثه وتجاربه في مقالة علمية نشرتهــا له دورية (الإنجازات الفلسفية للجمعية الملكية) في عام (1861) والتي جاء فيها:

((مــن الممكــن اعتبار مــادة الهيــلام (Gelatine) مثالاً حياً على ما أصــفه بمجموعة الغرويات أو المحاليل الغروية (Colloids)، وقد تم اشــتقاق هذا المصطلح من الكلمة الإغريقية (κ΄ολλα) وتعني (الصــمغ أو الغراء – Glue)، وبإمكاننا الآن أن نصــف ونصنّف مجموعة محددة من المواد التي لها مواصفاتها الخاصة كسوائل (بالمحاليل الغروية).

(1) تنقســم المحاليل حديثاً إلى ثلاثة أنواع: المحاليل الحقيقيــة (Crystalloidds)، والمحاليل الغروية (Colloids)، والمحاليل المعلقة)» (Suspentions)، وللمزيد يمكنك مراجعة أحد كتب الكيمياء الفيزيائية (Physical Chemistry). (المترجم).

وهناك بالطبع المواد المعتادة التي لها قابلية الذوبان التام في محاليلها والتي صُنّفت بمجموعة المحاليل الحقيقية (Crystalloid). ومن التجارب والاختبارات يظهر أن لصنف الغرويات أو المحاليل الغروية ميل دائم للتصرف كمواد مستحلبة (Curdled). وبإمكان محاليلها أن تمتص الماء من المحاليل الحقيقية (Crystalloids) كلما وضعت بتماس معها. وعليه يمكنني اعتبار الصنف الأول كحالة حركية (ديناميكية) للمادة، على حين يمكنني اعتبار الصنف التالي كحالة ثابتة (ستاتيكية) لها)).

نُعرّف اليوم ضمن قياساتنا الفيزيائية الحديثة المحاليل الغروية أنها تلك المحاليل الحاوية على مواد وجزيئات تتراوح أقطارها ما بين (10 مرفوعة إلى الأس السالب الرابع و10 مرفوعة إلى الأس السالب السابع) سنتيمتراً. ومثل هذه الجزيئات عادة ما تكون من الكبر بحيث لا يمكن فصلها عن محاليلها بواسطة عمليات الترشيح الاعتيادية عبر المرشحات الاعتيادية أو بالاعتماد على تأثير الجاذبية فقط. لقد ابتكر (كراهام) طريقة فريدة مكنته من فصل مكونات تلك المواد عن محاليلها، والتي أسماها بعملية الميز الغشائي أو (الديلزة – Dialysis). وقارن كذلك بين مواصفاتها (كونها بطيئة الديلزة، أو (الميز) غشائياً. مقارنة بالمحاليل الحقيقة والتي تحوي على مواد ذات جزيئات بأقطار أصغر بكثير عن أبعاد أقطار الجسيمات أو الجزيئات الغروية آنفة الذكر وتمتاز هذه الأخيرة بكونها سريعة الديلزة. وقد استخدم العديد من أنواع الأغشية والمرشحات في تجاربه لغرض فصل المكونات الغروية عن الماء وعن المواد الأخرى سهلة الذوبان فيه كالأملاح والسكاكر.

لم يكن (كراهام) السبّاق الأول لولوج عالم الغرويات ومحاليلها رغم حصوله على فضل صياغة المصطلح المستعمل لها ولحد اليوم، فقد سبقه لذلك العديد من البحاثة والعلماء، نضرب لك مثلاً منهم العالم الكيميائي والفيزيائي الإنجليزي عالي الشأن [ميشيل فراداي (Michael Faraday (1791–1867)] والذي كان قد قام في عام (1856) بأول محاولة علمية منهجية لدراسة محاليل عنصر الذهب المعلقة وتقدم بالعديد من التوضيحات والاقتراحات من أجل تفسير مختلف العوامل المسؤولة عن ظهور تلك الحالة واستمرارية استقرارها، أما محاليل (فرادي) الغروية فقد أطلق عليها اسماً مثيراً رناناً وهو (محاليل الذهب

المنشّـط) والتي كانت عبارة عن معلقات مائية لجسيمات ذهبية بلغت أقطارها أقل من الجزء الواحـد مـن المليون جزء مـن المتر، ونعرف اليـوم أن محاليل الذهب الغرويـة ومعلقاتها في المـاء ستكتسـب لوناً أحمر أخـاذاً آسراً إذا ما بلغـت أقطار جزيئاته أبعـاداً أقل من الـ(100 نانومتر)[1].

لم يكن (فراداي) أول من عرف (ماء الذهب) أو (محلول الذهب الغروي) إن شئت تسميته بالتعابـير العلميـة الحديثة، فلقد عُـرف من قبل عهود غابـرة وغالباً مـا كان يستعمل لطلي الزجاج.، ولكن مع ذلك يحتفظ (فراداي) بأسبقية دراسته بالصورة العلمية الحديثة فهو أول مـن بـيّن أن سبب انتشار اللون البراق الذي كان يتحلى بـه (ماء الذهب) ويميزه عن غيره من أنواع الطلاء ليعود إلى الصغر الفائق لجزيئات الذهب فيه.

وإذا ما عدنا إلى إنجازات (كراهام) الكثيرة واخترنا منها نموذجاً لإبداعه في وصف المركبات الكيماوية لقلنـا إنه كان من بين الأوائل الذيـن تمكنوا من تحديد الفروق الكيميائيـة والفيزيائية بين ثلاثة أنواع متغايرة من مركب (حامض الفوسفوريك) وكان السباق بذلك للتأسيس لمبدأ المركبات متعددة القلوية (Polybasic Compounds)، فعلـى سبيل المثال: تمكن من التفريق بين حامض الفوسفوريك (والمعـروف الآن بالمصطلح الكيميائي الحديـث:($P_2O_5.\ 3H_2O$) وهو ما يسمى بالحامض المائي لاحتوائـه على ثلاث جزيئات ماء... وبـين الحامض شبه المائي المسمى بايـرو حامض الفسفوريك (Pyrophosphoric Acid) والمعـروف الآن بالمصطلح الكيميائي الحديث:($P_2O_5.2H_2O$) والحـاوي علـى جزيئتي ماء فقط ضمن تركيبه الكيميائي وبين حامضـ الفوسفوريك المتزهر، الذي لا يحتـوي إلا علـى جزيئة ماء واحـدة في تركيبه الكيميائي والمسمى (بالميتـا حامض الفوسفوريك – Metaphosphoric Acid) والمعـروف الآن بالمطلـح الكيميائـي الحديث($P_2O_5.H_2O$). كمـا أثبت كذلك وجود ثلاثة من أملاح الصوديوم المتحدة مع جذر الفوسفات وهي (Na_3PO4)

(1) Nano meter – وهـي وحـدة القياس البالغة جزءاً واحداً من البليون جزء (أو مـن الألف مليون جزء) من المتر، ولتقنيات المـواد بهذه الأبعـاد (Nanotehcnology) تطبيقات ثورية في عوالم المواد المختلفة، لا نـزال نتلمس طريقنا الحذر فيها لعجائبها ولغرائبها. (المترجم).

والمسمى بفوسفات الصوديـوم، و(Na_2HPO_4) والمسمى بفوسفات الصوديوم أحادية الحموضة و(NaH_2PO_4) والمسمى بفوسفات الصوديوم ثنائية الحموضة.

إن لقانون (كراهام) الكثير من التطبيقات العلمية المعملية ساعدت العلماء وأعانتهم لإنجاز العديد من الاكتشافات. فعلى سبيل المثال: بالإمكان تعيين الكتلة الجزيئية لغاز مجهول باتباع الطريقة الآتية:

((يُحقن الغاز المجهول وبضغط معلوم إلى إحدى جهتي حاوية معدنية محكمة يفصلها ثقب صغير عن جزئها الثاني المفرغ من الهواء. ينتقل الغاز المجهول إلى الجهة الفارغة بواسطة عملية الانتشار خلال الثقب الدقيق حتى يتعادل ضغط الغاز على جهتي الحاوية وبالإمكان التحقق من ذلك بواسطة آلات قياس الضغط المتصلة بكل منهما. يُحسب الوقت اللازم لبلوغ التعادل والموازنة بين ضغط جهتي الحاوية بالنسبة للغاز المجهول. تعاد ذات العملية ويتم عين القياس بالنسبة لغاز معلوم، كالنتروجين الحر مثلاً، والآن وعند تعويضنا لمقدار الكتلة الجزيئية (Molecular Mass) لغاز النتروجين ومعدل الزمن اللازم لانتشاره ومعدل الزمن اللازم لانتشار الغاز المجهول -وتحت نفس ظروف درجة الحرارة ومنسوب الضغط- في (قانون كراهام)، يمكننا تعيين الكتلة الجزيئية لذلك الغاز المجهول)).

لقد كان (وما يزال) لهذا القانون تطبيقات صناعية وعسكرية مهمة جداً في أربعينيات القرن العشرين (1940s) عندما استعمل في منشآت المفاعلات الذرية لفصل الغازات المشتقة ذوات معدلات النفوذ والانتشار المتباينة -بسبب اختلاف أوزانها الجزيئية (Molecular Weights) بعضها عن بعض. وقد تم عملياً فصل نظيري اليورانيوم (U-235) و(U-238) عن بعضهما البعض، باستخدام خزانات الفصل الغازي بالانتشار والتي كانت تبلغ عدة مئات من الأمتار طولاً. أنجزت بالفعل -وتنجز اليوم- عمليات الفصل الغازي وذلك بالشروع ابتداءً بتفاعل اليورانيوم مع غاز الفلورين (Fl) وذلك لإنتاج غاز سادس فلوريد اليورانيوم (UFl_6) بنظيرين، الأول وهو الأثقل الذي يحتوي على نظير اليورانيوم الأثقل

أي (U-238) والثـاني وهو الأخف الذي يحتوي على نظـير اليورانيوم الأخف أي (U-235)، وحسب قانون (كراهام) للتنافذ فإن الغاز الثاني الأخف وهو الحاوي على اليورانيوم القابـل للانشطار سيكـون أسرع بالتجمع في نهاية خزان المفاعـل وبذلك يتم جمعه وزيادة نسبة تخصيبه.

لقد كان لطريقة الفصل الغازي بالانتشار أهميتها في ذلك التاريخ بالنظر لسعي الولايات المتحـدة المحموم آنذاك لتطويـر إنتـاج القنبلـة الذرية، فقد استوجبت العمليـة فصـل نظيـر اليورانيـوم (U-235) المطلوب لإحداث التفاعل الانشطاري المتسلسل (وهو قلب وروح القنبلة الذرية) عن النظير الثقيل (U-238) والذي لا ينفع لذلك الغرض[1]. ولفصل نظير اليورانيوم (U-235) عن النظير (U-238) عمدت حكومـة الولايات المتحدة إلى بناء منشأة تخصيب اليورانيوم بطريقة الانتشار والتنافـذ الغـازي في مدينة كلنتـون (Clinton) في ولاية (تنسـي - Tennessee) وخصصت لذلك ميزانية ضخمة جداً بمقاييس أربعينيات القرن الماضي بلغت (100 مليون) دولار أمريكي.

وقد اعتمدت تلك المنشأة بالفعل على تنافذ غاز سادس فلوريد اليورانيوم (UFI_6) للنظيرين وفصلهمـا عن بعضهما باستعمال طريقة النفوذ عـبر ثقوب دقيقة ومن ثم تم نقل (اليورانيوم U-235) المخصـب لاستعماله في (مشروع منهاتن - The Manhattan Project) وهـو الاسم الرمزي لعملية إنتاج القنبلة الذرية التي أسقطتهـا على اليابان أواخر أيام الحرب العالمية الثانية عام (1945).

ولأجـل إتمام عمليـة فصل النظيرين، كان علـى المنشأة الذرية آنـذاك أن تعتمد ما لا يقل عــن (4000) مرحلة فصل جُمعت كلها في أسطوانة مــن الفولاذ الصلب حُفظـت في بناء جـاوز طوله نصف الميل (حوالي 800 مـتر) وبارتفاع خمسة طوابق. ولما كان مبدأ الفصل مبنيـاً على نفوذ غـازات سادس فلوريـد اليورانيوم (UFI_6) الحارقـة والمخرشة من خلال

(1) (U-238) - وإنما ثبت نفعه لزيادة الخراب والدمار واستهداف الدروع، وهو ما سمي (باليورانيوم المنضب)، مع كل ما جره وما يجره من تلوث بيئي وتسمم بشري طويل الأمد. (المترجم).

ثقـوب مجهريـة، ولتلك المسافة الطويلة وعـبر كل تلك الخطوات الصعبـة، فلك أن تتصور مـدى ضرورة استعمال المواد عظيمة القوة والمقاومة لصناعة الفواصل الحاملة لتلك الثقوب كـي تتمكن مـن تحمل كل ذلك الإجهاد الحـراري والكيميائي قبل أن تنهـار! ولعمري ما كان سيـدور بخلد (كراهام) إذا ما علم بـأن قانونه البسيط الذي ابتدعه بكل شفافية وبراءة لاستعماله للأغراض العلمية والتجريبية سوف يكون وبعد أقل من خمسة وسبعين عاماً على وفاته الأساس الفاعل والعصب المحرك للُبّ العملية التي أودت بحياة أكثر من (100000) شـخص قُتلوا غير مأسوف عليهم بالقنبلتين الذريتين الأمريكيتين على هيروشيما ونكازاكي في اليابان.

في حوالي الساعة التاسعة من مساء يوم الثلاثاء الموافق السادس عشر من شهر سبتمبر (1869)، فاضت (وانتشرت) روح (ثوماس كراهام) إلى بارئها. فقد وافاه قدره المحتوم في منزله الكائن في (No.4 Gordon Square، in the London Boroyth of Canden). وقـد ظلـت ذكراه شاخصة منذ ذلك اليوم بواسطـة تمثاله البرونزي المهيب الذي انتصب في(ساحة الملك جورج) في مقاطعة (كلاسكو) بعد أن أزيح الستار عنه في عام (1872).

لقد نُحت قالب ذلك التمثال وصُبّ جسمه بشكل معبّر، شخَّص (كراهام) بنظرة متفائلة إلى المستقبل يتأبط كتاباً نُقشت عليه آلات علمية. ومن المفرح أن يُعبر ذلك التمثال على سمو الخلـق وطيب الوفاء إضافة إلى تعبيره عن إنجاز العلـم وروعة الإبداع، ذلك لأن ثمنه وكامل مصاريف نصبه كان قد تبرع بها الصناعي الثري (جيمس يونك – Young) وقد كان أحد تلامذة (كراهام) النجباء.

وبإمكان المهتمين بالاطلاع على الكثير من الصور الفوتوغرافية والاستزادة من معاني ذلك التمثـال، الرجوع إلى مؤلـف (راي ماك كنزي – Ray Mckenzie) تحت عنوان (تماثيل ونصـب مدينـة كلاسكو)، وللذين يرغبـون في المزيد عن خلفية تعميـده [كالأب الشرعي لعمليـة (الميـز الغشائـي – Dialysis)] الرجوع إلى مقدمة كتاب (تاريـخ علوم وأمراض الكلى، الجزء الثاني) لمؤلفيه (كرابيد اكنوين – Garabed Eknoyan) وزملائه.

ومن التطبيقات المثيرة الأخرى (لقانون كراهام) ما جاء في كتاب (طبيعة العلوم) لمؤلفه (جيمس تريف - Trefil James) والذي جاء فيه:

((من التطيقات المدهشة والغريبة لهذا القانون، هو وضعه نصب العين عند إطلاق مركبات الفضاء المأهولة إلى أعماق الفضاء البعيدة في رحلاتها لفترات طويلة، ففي خلالها وبعد مرور الوقت الكافي لابد لغاز الأوكسجين الذي يملأ قمرات الملاحين وبقية (قمرات) طواقم المركبات الفضائية من أن يتسرب ويتلاشى إلى الفضاء الخارجي عبر الطبقات المتعددة لهيكل سفنهم الفضائية - حسب ما ينص عليه قانون (كراهام)- ولتلافي ذلك لابد للسفن الفضائية خلال رحلاتها صوب أعماق المجرات من حمل مولداتها الذاتية لتجهيز غاز الأوكسجين))[1].

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة

• يكاد يقيننا يزداد يوماً بعد يوم وكلما توغلت معرفتنا في دواخل وأسرار الكون.. بأن موجده ومهندسه (تبارك وتعالى) كان قد بناه وأنشأه على أسس رياضية.. وهكذا قدّر له أن يبقى.

جينز

James Hopewood Jeans، (The Mysterious Universe)، 1930

مقتطف من كتابه (الكون الغامض) طبعة عام (1930).

• تبرز عياناً إلى السطح -ما بين فترة وأخرى- بعض الفروق الحسابية أو الجوهرية ما بين واقع الظواهر والحقائق المقاسة، وبين القوانين التي تتنبأ بها وتتوقعها.. وهذا لعمري هو سرّ تقدم الفيزياء لأنها دائمة المواظبة واللهاث وراء تعديل هذا القانون أو ذاك عسى أن يكونا أكثر دقة وأقل زيغاً في

(1) إحدى الأفكار المستقبلية التي ستتبناها وكالة (ناسا - NASA) الفضائية الأمريكية لحل مشكلة تخزين الأوكسجين اللازم للحياة خلال الرحلات الكونية البعيدة (والتي قد تستغرق سنين طويلة) هي ليس بحمل صهاريج الأوكسجين وإنما بتوليده طبيعياً باصطحاب نباتات نباتية حية معهم تجهزهم بالأوكسجين وتحل لهم مشكلة تراكم غاز ثاني أوكسيد الكربون وتزودهم بالغذاء كذلك. (المترجم).

المستقبل عما سبق.

دوهام

Pierre Duham، (The Aim and Structure of Physical Theory، 1962

مقتطف من كتابه (غرض وهيكلة النظرية الفيزيائية).

• لقد تنوعت مشارب وميول وآراء الإعلام الأكثر قرباً من واقع التقدم العلمي وخفاياه غاية التنوع، كما تضاربت وتغايرت مفاهيم وأفكار ونظريات فلاسفته ذروة التضارب حول طبيعة مجمل قوانين الكون والغاية من ورائها... فهي معادلات ورموز رياضية اختلقها البشر ليس إلا [كما ارتأى آينشتين (Einstein) وبور (Bohr) وبوبر (Popper)]، وهي سرمدية أبدية الوجود لم يوجدها بشر [كما ذهب إلى ذلك بلانك (Plank)]، وهي علامات بينة على حقيقة النظام السرمدي الذي ينطوي عليه الكون [في رأي آينشتين]، وهي لا تعدو عن كونها نماذج عملية لا تكتسب شرعيتها ووجودها إلا من خلال استعمالها وإثبات مطابقة تنبؤاتها مع الواقع [كما اعتقد كل من فون نيومن (Von Neumen) وفينمن (Feynman)]، لا بل هي خطوات صغيرة على درب فهم الحقيقة الكاملة الطويل [كما آمن فينمن (Feynman) ودوتش (Deutsch)]، وقد تكون خطوات مجهولة على طريق لا نهاية له [كما قال بورن (Born) وبوبر (Popper) وكوهن (Kuhn)].

فراين بلانارزه

(Michael Frayn، (The Human Touch)

مقتطف من كتابه (اللمسة البشرية).

• لقد تضارب فهم المقصود -الحقيقي- من كلمة (نظرية)، فاستخدامها من قبل العلماء يغاير استيعاب معناها من قبل العامة... ولقد استغل المناهضون للتطور هذا التضارب وعمقوا هذا الخلاف سلباً (لغرض في نفس يعقوب)... وعليه فإن لي أن أقترح (ودفعاً للارتباك والشك ومن أجل الاستخدام الأمثل للغة الطيّعة التي بين أيدينا)، أن نحصر استخدام كلمة (قانون) على المعرفة والحقائق العلمية الثابتة والتي لا نشك فيها إلا بمقدار شكنا في قيمة قطعة حقيقية من الذهب الخالص، وأن نتوقف تماماً عن تسميتها

(بالنظريات) التي نطلقها على كل ما دون ذلك.

ثومبسون

Clive Thompson، (A war of Words)، WIRED

من مقالة له بعنوان (الحرب الكلامية).

قانونا فاراداي للحث الكهرومغناطيسي والتحلل الكهربائي

FARADAY´S LAWS OF INDUCTION AND ELECTROLYS

إنجلترا، 1831

قانون الحث الكهرومغناطيسي:

ينتج أي حقل مغناطيسي متغير حقلاً كهربائياً.

قانون التحلل الكهربائي:

أثنـاء أي عمليـة للتحلل الكهربائـي، يتناسب مقدار التغـيّر الكيميائي الـذي يحدثه تيار كهربائي مع كميته المستخدمة، كما يتناسب مقدار التغيّر الكيميائي الذي تحدثه ذات الكمية من الكهرباء في المواد المختلفة مع أوزانها المكافئة.

محاور ذوات علاقة

جوزيـف هنري (JOSEPH HENRY)، وجيمس كلارك مكسويل (JAMES CLERK MAXWELL)، وهمفـري ديفي (HEMPHRY DAVY) وهنريـخ هرتز (HEIRICH HERTZ)، وكوكليلمـو ماركـوني (GUGLIELMO MARCONI)، وهانـز أورستـد (HANS ORSTED)، وأندريـه – مـاري أمبـير (ANDRE – MARIE AMPERE)، وفرانسـوا أراكو (FRANCOIS ARAGO)، وشـارل – أوكست كولوم (CHARLES – AUGUSTIN COULOMB)، وأوتو فون كيوركي (OTTO VON GUERICKE)، وهرمن فون هلمهولتز (HERMANN VON HELMHOLTZ)، وقانون لنز (LENZ´S LAW)، وعـدد أفـوكادرو (AVOGADRO´S NUMBER)، ومعـادلات ماكسويـل (MAXWELL´S EQUATIONS).

من أحداث عام 1831

– أبحـر شـارل داروِن (Charles Darwin) في رحلتـه الشهيرة حول العالم على متن سفينة صاحبة الجلالة المسماة بيكل (الباحث) – H.M.S. Beagle.

- ولد عالم الفيزياء الرياضية الأسكتلاندي (جيمس كلارك مكسويل – James Clerk Maxweel) والـذي اشتهر لاحقاً بوضعه لمجموعة المعادلات (والقوانين) الأساسية التي تحكم ظاهرتيْ الكهربائية والمغناطيسية وهن اللاتي ما سيعرفن باسمه.
- تم افتتاح جسر لندن الشهير.
- ابتدأ استعمال طلائع الحافلات العامة التي تجرها الخيول في مدينة نيويورك الأمريكية.
- كتب الشاعر والكاتب (صموئيل فرانس سمث – Samual Francis Smith)[1] كلمات قصيدته الشهيرة (إليك ياوطني أغني – My Country' Ts of Thee).

نص قانون فراداي للحث الكهرومغناطيسي وشرحه (1831)

يعتبر اكتشاف العالم الإنجليزي (ميشيل فراداي – Michael Faraday) لظاهرة الحث الكهرومغناطيسي من أجلّ وأهم أعماله قاطبة، فلقد لاحظ في عام (1831) بأن في استطاعته دائماً توليد تيار كهربائي محسوب في ملف سلكي موصّل عند تحريك قطعة مغناطيس داخله. لقد قام العالم الأمريكي [جوزف هنري (1797-1878) Joseph Henry] بتجاربه المماثلة في ذات الوقت وبصورة مستقلة، وتلعب هذه الظاهرة اليوم الدور الأساسي في تجهيزنا بالطاقة الكهربائية من محطات توليدها على اختلاف أنواعها.

لقد لاحظ (فاراداي) أيضاً أنه، كلما حرّك سلكاً موصلاً بجانب قطعة مغناطيسية دائمة، فإن تياراً كهربائياً سيتولد في السلك، كما لاحظ تكوّن تيار كهربائي في سلك آخر منفصل عند إمراره لتيار كهربائي في ملف قريب منه، ولما أعاد تجاربه بإمرار تيارات مختلفة الشدة خلال الملف نفسه، لاحظ تغيّر شدة الفيض المغناطيسي المتولد عنه، الأمر الذي أدى إلى إمكانية تسجيل تغيرات ملموسة متزامنة في التيار الكهربائي المار خلال السلك الموصل

(1) (1808-1815) – كاتب صحفي ومؤلف ورجل دين (مُعَمِّد) مسيحي ولد في مدينة بوسطن وكتب هذا النشيد الوطني الأمريكي في عام 1831 (المترجم).

الموجود بالقرب منه والمنفصل عنه.

لقد بين الفيزيائي الإسكوتلاندي [جيمس كلارك مكسويل James Clerk Maxweel (1831-1879)] لاحقاً أن التيار الكهربائي المتغير والمار في ملف السلك الموصل الأول والمؤدي إلى تكوين (المغناطيس الكهربائي) متغير الفيض، والذي -بدوره- تمكن من إحداث التيار الكهربائي الممكن تتبعه في السلك الموصل الثاني المنفصل الموضوع إلى جانبه لم يكن ليحدث تياراً فيه فقط، وإنما استطاع كذلك إثارة حقل كهربائي (بمعنى تحريك الإلكترونيات) في كامل الفضاء المحيط به ولو من دون وجود أي شحنة، وما كان فضل السلك الموصل الثاني المنفصل في تلك الحالة (وكما عبر عن ذلك مكسويل) إلا كونه واسطة أو وسيلة للكشف عن ذلك الحقل الكهربائي الذي ولّده (وفي كامل الفضاء المحيط به) حقل الفيض المغناطيسي الذي تولّد في الملف الأول بعد إمرار التيار الكهربائي المتباين خلاله، والذي ولّد بدوره المغناطيس الكهربائي المتغير فيه.

لقد عبر (مكسويل – Maxwell) عن تغيرات الفيض المغناطيسي وعلاقته بـ(حث)، وتوليد [القوة الدافعة الكهربائية (ق.د.ك) (Electromtive Force (emf)]، وبما يعرف اليوم [بقانون فرداي للحث (Induction)] الكهربائي بالقانون التالي:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt}$$

حيث تمثل (ε) هنا – مقدار القوة الدافعة الكهربائية (المحتثة) في السلك و(Φ_m) مقدار الفيض المغناطيسي المار خلال دائرته.

وكمثال تقريبي لما يمكن أن نتصوره بخصوص هذا (الفيض)، فنقول بإمكانية تشبيهه بمقدار وكمية الماء المتدفقة خلال مقطع خرطوم الماء الحاوي له في كل وحدة زمنية (ثانية مثلاً). أما (فراداي) فقد اعتقد وتصور طبيعة الحقل المغناطيسي وكأنه مكوناً من العديد من (خطوط الحث)، والتي يمكن الاستدلال على وجودها كلما قربنا (إبرة بوصلة) منها، حيث ستدلنا عليها. وعليه فإن مجموع تلك الخطوط التي سيحدث وأن تتقاطع مع أية مساحة معينة

مفروضة، هو ما سيولد (الفيض المغناطيسي) فيها.

بنـاء على ذلك (وبالاستناد إلى ما نادت بـه معادلة الحث السابقة)، فإن أي تغيير في الحقل المغناطيسـي لابـد وأن يصاحبه تولد (قوة دافعـة كهربائيـة "ق.د.ك" Electro motive Force (emf)) في دائـرة السلـك الموصـل القريب منه بحيث يمكـن الاستدلال عليها بملاحظة تكون تيار كهربائي فيها، ولهذا فبالإمكان (من وجهة النظر الفيزيائية) اعتبار مقدار الـ(ق.د.ك) في أيـة دائرة تجسيداً لمقدار (الشغـل – Work) المنجز من قبل وحدة الشحنة المتولدة من الحقل الكهربائي أثناء حركتها خلال دائرته المغلقة.

وإذا ما ألقينا نظرة فاحصة مقربة على معادلة الحث آنفة الذكر، فسيسترعي انتباهنا وجود علاقـة التناسب الطردي ما بين مقـدار (ق.د.ك) المحتثة في دائرة كهربائية ما ومقدار معدل التغـير في كمية (الفيض المغناطيسي) عبرها. أما وحدة تلك القوة الدافعة الكهربائية (emf) فستكـون (بالفولت Volt)، إذا كانت وحدات الفيض المغناطيسي مقاسه بوحدات (الويبر – Weber) في الثانية الواحدة (و/ثا – W/s).

أمـا ما يجـذب النظر في (قانون فراداي) آنف الذكر فالصبغـة السالبة التي توشحه، وهذا مـا بينه (قانون لنـز – Lenzs Law) والذي ينص على أن لكل من القوة الدافعة الكهربائية (ق.د.ك) والتيـار المحتث صفة الاتجاه وبطريقة تعاكس التغيير الذي ولدهما آنفاً. أما واضع هذا القانون فهو الفيزيائي العريق الروسي المولد والألماني الجنسية (هنريخ لنز 1804–1865 Heinrich Lenz) وذلـك في عـام 1833، وبناء على ذلـك وكمثال واحد بسيط على حقيقـة هذا التصور في ذاك القانـون نقول بأنه كلما أمعنا في محاولتنا زيادة مقدار (الفيض – Flux) المغناطيسـي خلال دائرة كهربائية، كلما تولد لدينا تيار كهربائي ديدنه العمل على إنقاص ذلك الفيض. وللدلالة على صدق ما ذهب إليه هذا القانون، دعنا نتصور ما يحدث عكس ذلك، فإذا أمكن عكس (قانون لنز) فإن زيادة (الفيض) ستكون زيادة في مقدار قيمة التيار المتولد، والذي سيعمل بدوره على زيادة (الفيض) الذي ولده، وهذا بدوره سيعمل على زيادة مقدار (القدرة – Power) في تلك الدائرة.. وإلى ما لا نهاية. ولكننا نعلم جيداً أنه من

المستحيل الوصول إلى تلك الحالة استناداً إلى الحقائق والتجارب اللتين أثبتتا عدم إمكانية بلوغ منسوب القـدرة اللانهائية في أية دائرة بالنظر لسريان التيـار الكهربائي المحتث فيها بشكل وباتجاه معاكس دائماً للتغير المغناطيسي الذي أوجده أول مرة.

وللملمة استنتاجاتنا وما توصلنا إليه من كل ما سبق نقول: إذا كان لدينا ملف يحتوي على عدد معين من اللغات مقدارها (N) فإن القوة الدافعة الكهربائية (ق.د.ك) المتولدة سيمكن رصدهـا في كل لفة منه، وسيكـون لها جميعاً صفة التجمع والتكامل. وعليه بإمكاننا إعادة صياغـة القانون الذي يحكم الـ (ق.د.ك المحتثـة – Induced emf) في ملف (مكتض) وعلاقتها بالفيض المغناطيسي المسؤول عن توليدها بالمعادلة الرشيقة التالية:

$$\varepsilon = -N\frac{d\phi_m}{dt}$$

لقـد تمكن (دونالد كرسـت – Donald Kerst) مـن جامعة (إلينويـز – Illinoise) الأمريكيـة في عام (1941) من توظيف **(قانـون فراداي)** سالف الذكر بطريقة جريئة مدهشة فاعلة باختراعه المعجّل الإلكتروني المسمى (بالبيتاترون – Betatron). وبإمكان هذه الآلة تعجيـل الإلكترونات إلى طاقـات عظيمة جداً وذلك بإمرارها خـلال أنبوب معدني مجوف مفـرغ من الهـواء، دائري الشـكل يشبه تماماً (حلـوى فطيرة الدونـت – Doughnut) بالضبط. يتـم إخضاع الإلكترونات (في تلك الآلة لتعجيلهـا) إلى حقل كهربائي متولد عن فيض مغناطيسي مجاور يولـده مغناطيس كهربائي. تتعرض الإلكترونات المحقونة إلى داخل تلـك الدائـرة، وفي كل مرة تـدور فيها خلالها إلى فـرق جهد كهربائي مسـاوٍ لمقدار القوة الدافعـة الكهربائيـة (Electro–Motive Force – emf) المختبئة فيه.. وعليه ستكون القوة الدافعة الكهربائية المتولدة عبارة عن دالة لمقدار الفيض المغناطيسي المتولد بدلالة الزمن وستخضع للقانون الآتي:

$$\boldsymbol{\varepsilon} = d\Phi_m\, m/dt$$

حيث تمثل $\boldsymbol{\varepsilon}$ – القوة الدافعة الكهربائية (emf).

و Φ_m – مقدار الفيض المغناطيسي المتولد.

و (d–/dt) – بدلالة الزمن.

يمكن الاستفادة من الإلكترونات التي يولدها معجل (البيتاترون – Betatron) في العديد من بحوث فيزياء الجسيمات الأولية وفي بحوث الأشعة السينية (X–Ray) فائقة التغلغل والنفوذية (وإنتاجها)... والمفيدة جداً في علاج بعض أنواع الأورام السرطانية. ومن الجدير بالذكر أنه بإمكان هذا النوع من المعجلات وعند تجهيزها بمقدار طاقة تبلغ (100 مليون إلكترون) فولت، وتسمى اختصاراً بالميكا إلكترون فولت (100 MeV)[1] أن يدفع بسرعة الإلكترون الدائر خلاله إلى سرعة فلكية تبلغ ما لا يقل عن (0.999986) من سرعة الضوء.

ولتوضيح ما ذهبنا إليه في شرحنا السابق، دعنا –على سبيل الفهم– نحل مسألة عملية وتجربة فيزيائية أُجريت في أحد معجلات البيتاترون، قطع خلالها إلكترون مسافة (10x2مرفوعة إلى القوة الخامسة) دورة داخل حلقة الجهاز قبل أن يتم توجيهه وإطلاقه صوب شريحة معدنية لغرض إنتاج الأشعة السينية (X–Ray).

إذا علمت أن مقدار القوة الدافعة الكهربائية (emf) المستعملة خلال الوقت المخصص للتجربة كان قد بلغ [$(d\Phi_m/dt) = 400$] فولت، احسب الطاقة التي يحملها هذا الإلكترون قُبيل اصطدامه بالشريحة المعدنية المخصصة كهدف له في تلك التجربة، واحسب سرعته النسبية كذلك.

الحـــل:

بعد أن يكون الإلكترون قد قطع مسافة (10x2مرفوعة إلى القوة الخامسة دورة)، فإنه كان قد تعرض إلى ما يعادل [(10x2 مرفوعة إلى القوة الخامسة) 400x] أو ما يساوي [(10x8 مرفوعة إلى القوة 7)] فولتات. وعليه ستبلغ طاقته الكلية ثمانين ميكا إلكترون فولت (80 MeV).

(1) MeV –يعتبر الإلكترون – فولت إحدى وحدات قياس مقدار الطاقة في الفيزياء، وتعرف بأنها مقدار الطاقة الحركية الخالصة التي يكتسبها إلكترون حر عند تعريضه إلى فرق جهد كهربائي مستقر مقداره (فولت) واحد يؤدي إلى تعجيله.
1eV = (14) 10x1.60217653 مرفوعة إلى الأس السالب 19 جول.(المترجم).

وباستعمــال المعادلات المتوافرة لحساب مقدار الطاقة الحركية التي يكتسبها مثل ذلك الإلكترون والــذي أصبح الآن يسير بسرعة نسبية عالية جداً نستطيع أن نحسب سرعته النسبية والتي ستبلغ في مثل تجربتنا تلك ما يعادل (0.99998) من سرعة الضوء!!

قانون فراداي للتحلل الكهربائي (1833)

دعنــا قبل أن نبتدئ بشرح قانون فــراداي للتحلل الكهربائي ومناقشته، أن نراجع شيئاً من مبادئ الكيمياء الأولية ونفهم شيئاً عن معاني مفردات هذا القانون.

يُعرَّف (التحلل الكهربائي للمــواد) بأنه عبارة عن عملية إمرار تيار كهربائي خلال محاليل موصلــة له، أو خلال منصهرات أمــلاح بعض العناصر والتي يؤدي مروره خلالها إلى تحللها واستخلاص مركباتها الأولية منها. وعليه فحينما تتم عملية إمرار تيار كهربائي مستمر خلال محلول موصل للكرباء (كأن يكون مُنْصَهَراً لأحد أملاح مادة ما، أو محلولاً حقيقياً لها)، فإن تفاعــلاً كيميائياً شديــداً يحدث عند نقاط تماس الدائرة الكهربائيــة المغلقة بذلك المحلول أو المنصَهَــر، وعادة ما تتحقق نقاط التماس تلك باستخدام أقطــاب معدنية (أو غيرها) موصلة للكهربــاء تُغمر فيها. يسمى القطب المتصل بالجانب السالــب للبطارية (بالقطب الكاثودي – Cathode Pole) وهــو المســؤول عن نقل وتجهيز الإلكترونــات من البطارية، ويسمى القطــب المتصل بالجانــب الموجب للبطارية (بالقطــب الأنــودي – Anode Pole) وهو المســؤول عن استــلام وإرجاع الإلكترونات من داخل المحلــول أو المنصهر بواسطة السلك الذي يربطه بالبطارية إليها.

وقد يتذكر بعض القراء الأعزاء الإعجاب والدهشة التي تملكتهم أثناء إجراء عملية التحليل الكهربائــي للماء في الفصل العملي من دروس كيميــاء مرحلة الدراسة المتوسطة، فما حصل في تلــك التجربة لم يكن سوى إمــرار تيار كهربائي مستمر مستمداً من بطارية سائلة –أو من محولــة كهربائيــة متصلة بمكبس التيــار الكهربائي المتردد الاعتيادي الــذي يُجهز كافة مرافق المدرسة– خلال قطبين معدنيين نظيفين مغمورين في حوض من الماء تحت دورقين زجاجيين

مقلوبين إلى داخل الحوض ومملوئين بالماء، كي يمكن جمع الغازين المتولدين من عملية (التحلل الكهربائي للماء إلى غازيْ الأوكسجين والهيدروجين) داخلهما.

تتم عملية التحليل الكهربائي للماء وفق المعادلة الآتية:

$$2H_2O \text{ سائل} \rightarrow 2H_2 \text{ غاز} + O_2$$

يعتبر الماء (من الناحية العملية) موصلاً رديئاً للكهربائية، وعليه فلابد من إضافة قُطيرات قليلة من حامض الكبريتيك (H_2SO_4) شديد التأين وذلك من أجل تسهيل عملية مرور التيار الكهربائي خلاله بطريقة كفوءة. وتحصل التجربة على طاقتها اللازمة لفصل أيوني الأوكسجين والهيدروجين عن بعضهما، كما تحصل أي عملية تحلل كهربائي أخرى على طاقتها من منبع عام للتيار الكهربائي. وإذا ما مر في بالنا الاستفسار المهم عن معنى (Electrolysis) أو التحليل الكهربائي لوجدنا الجواب أمام أعيننا في ذات الكلمة نفسها، فالملحق (lysis) يعني بالإغريقية (تحلل أو فصل) ولهذا نجد أن الكلمة العربية للمصطلح ليست بحاجة إلى تفسير يذكر.

يؤمن الكثير من علماء اليوم بأهمية هذا النوع من التفاعل الكيميائي الفريد وذلك لإمكانية تجهيز غاز الهيدروجين (H_2) القابل للاحتراق وتحرير الطاقة، الأمر الذي يؤهله حتماً لاحتلال مركز مرموق كأحد مصادر الطاقة المجهزة لمحركات ومكائن المستقبل، هذا من ناحية، ومن ناحية ثانية فإن الغواصات النووية التي عليها أن تغوص وتبقى تحت سطح الماء لفترات طويلة جداً ستستفيد أقصى الاستفادة من هذا التفاعل الذي سيمكنها من توفير احتياجاتها الطويلة الأمد ذاتياً من الأوكسجين، وربما لبعض احتياجاتها الموازية البسيطة للطاقة عن طريق الهيدروجين الناتج عرضياً من توليدها للأوكسجين.

وكمصدر رئيس رخيص الثمن فائق الوفرة لحصولنا على مادتين ثمينتين أساسيتين لكثير من الصناعات والأغراض، يمكننا الحصول على كل من عنصري غاز الكلورين (Cl_2) والصوديوم الحر (Na) عن طريق التحليل الكهربائي لمنصهر ملح الطعام الاعتيادي عالي النسبة سهل الاستخلاص من مياه البحار والمحيطات المالحة.. وحسب المعادلة الآتية:

$$2NaCl \text{ منصهر} \rightarrow 2Na \text{ منصهر} + Cl_2 \text{ غاز}$$

ينطوي (قانون فراداي) على شقّين اثنين. ينص الأول على **تناسب مقدار التغير الكيميائي الناتج (داخل أي منصهر أو محلول حقيقي مركز) عن التيار الكهربائي خلاله مع كميته ومقداره**، أي أن مقدار العناصر المفصولة أو المترسبة بواسطة عملية إمرار تيار كهربائي خلال محاليلها أو منصهراتها يتناسب دائماً مع مقدار وكمية الشحنة الكهربائية المارة خلال تلك الدائرة. وينص الثاني على **أن مقادير التغيرات الكيميائية أو كمياتها التي تنتج عن طريق إمرار أي كمية من الكهرباء خلال مختلف المواد لابد أن تكون متناسبة أيضاً مع أوزانها المكافئة** (Equivalent Weights). وبالمثل فإن مقدار كتلة العناصر المترسبة أو المفصولة لابد أن تكون متناسبة مع كتلها الذرية (Atomic Masses). إن التدقيق بالمعنى المستخلص من تلك المشاهدات يمكننا من الاستنتاج بأن لذرات العناصر المختلفة كميات محددة (مستقلة) من وحدات الشحنة الكهربائية.

يُكتب قانون فراداي للتحلل الكهربائي اليوم على الشكل الآتي:

$$m = \frac{Q}{qn} \cdot \frac{M}{N_A} = \frac{1}{96,485\ C} \cdot \frac{QM}{n}$$

حيث تمثل m – مقدار كتلة المادة المتحررة أو المترسبة عند قطب خلية التحليل الكهربائي مقاسة بوحدة الغرام.

و Q – كمية الشحنة الكهربائية التي تم إمرارها خلال محلول أو منصهر ملح المادة الموصلة لها بوحدة الكولوم.

و q – مقدار شحنة الإلكترون الكهربائية الواحد ومقدارها (10x1.602 مرفوعة إلى القوة السالبة (19–) بوحدة الكولوم / لكل إلكترون واحد.

و n – هو المتغير المساوي لقيمة مقدار التكافؤ للمادة الموجودة في المحلول أو المنصهر عندما تكون في حالتها الأيونية.

(يُعرَّف مصطلح قيمة مقدار أو عدد التكافؤ (Valence Number) بأنه العدد الذي يتراوح ما بين (–4 و+7) والذي يصف أسلوب اتحاد الذرات في أي تفاعل كيميائي. فعلى سبيل المثال بإمكان فلز الحديد أن يتخذ عدد تكافؤ (+3) عند تفاعله بصفة (الحديديك – ferric) و(+2) عند تفاعله بصفة (الحديدوز – Ferous). ويتخذ الهيدروجين دائماً عدد

التكافؤ المساوي لـ(+1)، كما يتخذ عنصر الألومنيوم عددي التكافؤ (+2) و(+3) في حالتي الألومنيــوز والألومنيك على التــوالي على حين يتخذ غاز الكلور المتأيــن دائماً عدد التكافؤ (−1)... وهكذا.

و M – هــي مقدار الكتلــة العيارية (Molar Mass) للمــادة مقاسة بوحدة الغرام لكل وزن عياري (Mole) من تلك المادة.

و N – هو عدد أفوكادرو من الأيونات والمساوي لـ[6.022× (10 مرفوعة إلى القوة (23)] أيوناً لكل وزن عياري من المادة.

أمــا القيمة العددية المذكــورة في القانون وهــي (96،485.3383) والتي تحمل وحدات (الكولــوم لــكل وزن عياري واحد) فتسمى بثابــت فراداي (F) والتي تُعــرَّف بأنها مقدار الشحنة الكهربائية التي يحملها وزن عياري (Mole) من الإلكترونات، أي مقدار الشحنة الكهربائيــة التي يحملها عــدد أفوكادرو مــن الإلكترونات، ويكتب التعبــير النصي الأخير رياضياً كما يأتي:

$$\boxed{F = N_A . q}$$

وأخيراً فإن الحرف (C) يعني وحدة التيار وهي (الكولوم).

والآن دعنــا نستفيد من التطبيق العملي لقانون فراداي لحل مسألة يُطلب فيها منا تعيين كمية المادة المستهلكة أو المنتجة عند أحد أقطاب خلية تحليل كهربائي، آخذين بنظر الاعتبار ما تعلمناه سابقــاً مــن أن مقدار المادة المستهلكة عنــده أو المترسبة عليه لابــد وأن يتناسب طردياً مع مقدار الكهربائية(والمقصــود هنا مقدار الشحنة الكهربائية) المــارة خلال خلية التحليل. وتذكَّر أيضاً أنــه عند إمرار (أمبيراً واحداً) من التيار خلال دائرة كهربائية لمدة ثانية واحدة من الزمن فإننا في الحقيقة (وحسب التعريف السابق) نُمرر ما مقداره (كولوم واحد) من الشحنة خلالها.

والمطلــوب منك الآن هو تعيين عدد غرامــات عنصــر فلــز الصوديــوم الحــر المترسبــة على القطــب السالب (الكاثــود – Cathod) في خلية تحليل كهربائي تحتوي على منصهر مادة كلوريد الصــوديــوم (ملــح الطعــام الاعتيــادي – NaCl) عنــد إمــرار تيــار كهربائــي فيهــا

مقـداره (20 أمبيراً) مدة 8 ساعات متواصلة.

نبـدأ حل المسألة بحساب كمية الشحنة الكهربائية التـي ستمر خلال دائرة خلية التحليل الكهربائي موضوع الحديث:

$$20 \text{ amperes} \times 8 \text{ hours} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hour}} \times \frac{60 \text{ sec}}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ ampere sec}} = 576.\ 000 \text{ C}$$

ويعني الحرف (C) هنا وحدة الأمبير.

ثـم نستعمل ثابت فـراداي لتعيين مقدار الأعداد العياريـة (Number of Moles) من الإلكترونـات (e−) والتي ستنتقل إلى خلية التحليـل الكهربائي عند إمرار (576.000) من كولومات الشحنة الكهربائية خلالها:

$$576.000 \text{ C} \times \frac{1 \text{ mol e-}}{96،485 \text{ C}} = 5.97 \text{ mol e-}$$

وبمـا أن كل أيـون حر واحد مـن الصوديوم (Na+) يحتاج إلكـترون واحد لترسيبه على القطب السالب (Cathod) للخلية على شكل العنصر الحر وحسب المعادلة الآتية:

$$\boxed{Na^{+} + e \rightarrow Na}$$

فإننـا سنحصل بالفعل على وزن عياري واحد من فلز الصوديوم الحر لقاء كل عدد عياري واحد مـن الإلكترونات (ويساوي هـذا العدد بالمناسبة عدد أفـوكادرو من الإلكترونات)، وعليـه فلكي ننتج ما مقداره (5.97 وزناً عيارياً) من عنصر الصوديوم لابد لنا من أن نضرب كل وزن عياري واحد منه بعدد غرامات الصوديوم الموجودة فيه «وهذا يساوي وزنه الذري (Atomic Weight) بالضبط بالغرامات أي (22.99g)»، وكما يأتي:

$$5.97 \text{ mole Na} \times \frac{22.99 \text{ g Na}}{1 \text{ mol Na}} = 137.25 \text{ g Na}$$

وهـي كمية فلز الصوديوم الحـر الممكن استخلاصها من منصهر ملـح كلوريد الصوديوم

في(8) ساعـات. وعليه فلكي ننتج كيلو غراماً واحداً من عنصـر الصوديوم بطريقة التحليل الكهربائـي لمنصهر ملحه الموجود طبيعياً كمادة ملح الطعـام أو كلوريد الصوديوم (Nacl) لابد لنا من إمرار تيار كهربائي مقداره 20أمبيراً لمدة»

$$\frac{1000g \times 8h}{137.25g} = \quad 58.287797$$ ساعة

أي ما يعادل يومين وعشر ساعات وعشر دقائق.

للفضوليين فقط

• لقد كان (سِفر أيوب)[1] من التوراة، أحب قصصه إلى فراداي وأكثرها إثارة لحماسه، ولعله كان أكـثر الفصـول تجسيداً على يده، فكثيراً ما كان يَذكـرُ للمقربين منه أنه ليس سوى إحدى صنائـع الإله (تبارك وتعـالى)، وأن المغزى الحقيقي من وجوده وحياته شخصياً هو في توضيح وبيان عظمـة خلق الله (عز وجل) من ظواهر وأحداث في الكون للناس (والصبر على ذلك)، ليدركوا معانيها ومن ثم ليتوصلوا إلى إدراك شيء من عظمة الخالق (العظيم جل وعلا).

• حدث خلال فترة أربعينيات القرن التاسع عشر (1840s) أن وقع فراداي في أحضان، وعانى كثيراً من إصابته بالانهيار العصبي التام.

• انخـرط خلال الفترة ذاتها ضمن رعايا الكنيسة السندمنيانية – Sandemaniam[2] Cahrch) وصـار أحد كبار أساقفتها وقد أثرت كلتا الحادثتين في مجرى حياته تأثيراً بالغاً انعكس سلباً على نوعية إنجازاته وكميتها خلال تلك الفترة.

(1) The Biblical Book of Job – وهـو أحـد فصول التوراة القديمة التي تـروي قصته سيدنا أيوب (عليه السلام) ابتداء من وصـف شخصيتـه وأحواله إلى إصابته بالمرض وامتحانه من قبل الله (عز وجل) وخلاصه أخيراً. وتعتبر من أكثر قصص التوراة (وقد جـاء ذكرهـا في القرآن الكريم أيضاً) عبرة وتأثيراً وتمثل ملخص صراع الخير والفضيلة مع الشر والرذيلة بالمفهوم التوراتي، وقد كُتبت شعراً وهي بعدة أقسام. (المترجم)

(2) أو Glastie – إحـدى النحـل المسيحيـة التـي أسسها (جون كلاس – John Glas) حوالي سنـة (1730) في اسكتلاندا ونشرها صهره (روبرت سندمن – Robert Sandeman) إلى بريطانيا وأمريكا. وتؤكد على ضرورة عمق الإيمان بالله (سبحانه) وبتضحية المسيح –عليه السلام– (المترجم).

• طُبعت صورة وجهه الوسيم على الورقة النقدية الرسمية لبريطانيا العظمى من فئة العشرين باونداً (20£) خلال الفترة (1991 - 1993).

• كُرِّم بإطلاق اسمه على وحدتين مهتمين من وحدات القياس الكهربائي، فهناك [الفاراد - F (Farad)] وهي وحدة قياس مقدار السعة للمتسعات أو المكثفات الكهربائية، و [الفراداي - Fd (Faraday)] وهي وحدة قياس الشحنة الكهربائية.

• واظب (فراداي) على حضور دروس مكثفة في التمثيل والخطابة بغية تقليل تأثير اللعثمة اللافتة التي كان يعاني منها عند نطقه ولغرض التخلص منها تماماً.

• اشتغل مساعداً وكان له تأثير كبير على أعمال عالم الكيمياء والفيزيائي الإنجليزي الشهير (همفري ديفي - Hemphry Davy) وكان دائم المواظبة على تجربة الغازات الجديدة التي كان يكتشفها على نفسه!! فعرَّض نفسه بذلك مراراً إلى خطر الموت، ولكنه بأسلوبه ذاك كان قد تمكن من اكتشاف فوائد وصفات غاز «أوكسيد النتروز (Nitrous Oxide (NO»[1].

أقوال مأثورة

- لقد شحذت علاقة فراداي بالطبيعة نوعاً من التعمق والنشوة الروحية لديه، فلم يمكن الفصل ما بين إيمانه وشعوره الديني من جهة وبين إدراكه وعمقه العلمي من جهة ثانية، كما تمتع بموهبة المزج والتزاوج بينهما حتى إنك لتلاحظ أمشاج التناسق والوئام بينهما ظاهرة على كل أعماله.

تندال

John Tendall (Faraday as a Discoverer)

مقتطف من كتابه (فراداي المكتشف).

- لقد ولد (فراداي) في العام ذاته الذي توفي فيه الموسيقار اللامع (موزار - Mozart)...[2] لم تصل

(1) والذي عُرف فيما بعد (بالغاز المضحك) (وقد استعمل قديماً كغاز مخدر في عيادات خلع الأسنان. (المترجم).

(2) اسمه الكامل - Johannes Chrysostomus Wolfgang Theophilas Mozart (1756-1791) موسيقار موهوب من العهد الكلاسيكي. ألف ما ينيف عن (600) عمل شملت قسم وروائع السمفونيات والكونسرتات وموسيقى القاعات (Chamber Music) ومقطوعات البيانو والأوبرا والموسيقى الكورالية (- Choral Music). ابتدأ تأليفه الموسيقي وهو في الخامسة من عمره وعزف أمام الملوك وهو في السابعة عشرة. (المترجم).

شهرته ولم يتمكن الناس من استيعاب كافة أعماله والتمتع بها كما وصلتهم شهرة (موزار) وطربوا لأعماله، ولكننا ندرك اليوم أن في أهمية إنجازات الأول وتأثيرها على الحياة وعلى الحضارة ما يوازي إن لم يفق تأثير عبقرية الثاني عليها. لقد صنعت اكتشافات فراداي (للدوران الكهرومغناطيسي – Electromagnatic Rotation) و(الحث المغناطيسي – Magnetic Induction) الأسس الحقيقة الصلبة للتقنيات الكهربائية الحديثة، وكونت البوتقة المتكاملة والهيكل المناسب لجمع وتوحيد نظريات الكهربائية والمغناطيسية والضوء.. لقد آمن (فراداي) ودافع بضراوة عن اعتقاده القائل بأن ما يمنح الأجسام صفاتها المعروفة لا يتأتى من مادتها بذاتها وإنما من تأثير كافة أنواع القوى التي تملأ الفراغ فيما بينها عليها.

كودنك

David Gooding، (New Light on an Electric Hero)، Times Higher Education Supplement

من مقالته في ملحق جريدة التايمز اللندنية للتعليم العالي والتي نشرت بعنوان (أضواء جديدة على بطل كهربائي لامع).

– عاش الغالبية العظمى من فيزيائي العالم على مر العصور حياة ضمن مستوى الطبقة الوسطى من عامة الشعب، وقد وجدوا أنفسهم بضمنها من مستوياتها الدنيا إلى العليا وشقوا طرق حياتهم وسط خضمّها جميعاً، ولم يجدوا (أو يضعوا) أنفسهم قط في مستويات سمت أو تدنت عما سبق... إلا (ميشيل فراداي) فقد كان استثناء واضحاً وشذوذاً فريداً عن القاعدة السابقة، فقد ولد في أكثر أماكن لندن اكتظاظاً بالسكان وأكثرها فقراً وبؤساً وضيقاً وكمداً..

كروبر

William H. Cropper، Great Physicists.

مقتطف من كتابه (فيزيائيون عظام).

ملخص لسيرة حياة المكتشف

ولد العالم الفيزيائي والكيميائي [ميشيل فراداي (1791–1867) Michael Faraday] الذي اشتهر بقانونه الذي بيّن العلاقة ما بين الحقل المغناطيسي المتغير وقابليته للتأثير على الحقل الكهربائي المصاحب له، وبتجاربه في مجال التحليل الكهربائي، في منطقة (نيونكتن بتس –

Newington Butts) جنوب مدينة لندن.

كان أبوه حداداً مُعدماً، بلغت به الفاقة وضيق ذات اليد إلى درجة أنه ما كان ليعطي أولاده –وفراداي– مثلهم سوى رغيف خبز (لوف – Loaf) واحد وعليهم مسؤولية اعتباره حصة طعامهم من دار أبيهم لمدة أسبوع كامل. انتمى وعائلته إلى (الكنيسة السندمنيانية – Sandemanian) النابعة من أحد مذاهب الديانة المسيحية التي تأسست في سكوتلاندا عام (1730). تضمنت تعاليمهم التركيز المعمق على معاني الحب والروح التعاونية الجماعية وبالإيمان المطلق العميق بصحة التوراة وتعاليمها.

شرح (ال. بيرس وليامز – L. Pearce Williams) مدى تعلق فراداي وعائلته بذاك المذهب ومدى تأثيره العميق البالغ عليهم على وجه العموم وعلى (فراداي) ذاته على وجه الخصوص وذلك في مدخله من كتاب (معجم سير العلماء الذاتية) قائلاً:

((لقد منحته (السندمنيانية – Sandemanism) تشرباً روحياً عميقاً وغائراً في الشعور بضرورة وحدة الكون التي لابد وأن تنبع من وحدة ولطف ورحمة خالقه (سبحانه وتعالى) وعمق الإحساس بضآلة الإنسان وضعفه تجاهه. لقد أسهم هذا الإحساس ودفع (فراداي) دفعاً إلى إجراء تجاربه (حول الكهربائية) وهو مفعم بالشجاعة والإيمان التامين بوحدة وترابط كافة الظواهر الكونية وبدرجة عظيمة من اليقين لا جدال ولا مجال للشك فيه مطلقاً، الأمر الذي لم يدع حيزاً لأي تردد في نفسه عند إقدامه على نشر نتائج تجاربه التي توصل إليها)).

آمن (فراداي) إيماناً راسخاً بأن المولى (تبارك وتعالى) قد خلق الكون برمّته وهو (وحده) الذي أبقاه ثابتاً مستقراً يدور بانتظام ويُحكم (بقوانين)، كما آمن أيضاً بأن كل تجاربه واختباراته إنما هي محكومة بالقدر الذي ألهمه العقل والحكمة والقابلية على كشف الحقائق والأسرار التي انطوى عليها وتوضيحها وتقديمها إلى عقول العامة وألباب معاصريه وزملائه من العلماء، والذين سيقومون (إن رغبوا بذلك) بالبناء والاعتماد عليها لدفع عجلة العلوم والتقدم إلى الأمام. كما ولا يخفى أنه اعتقد اعتقاداً جازماً بصحة كل ما جاء في التوراة، وأن

اعتقاده كان راسخاً حرفياً مطلقاً، ولكنه ووفق مقتضيات العقل ومتطلبات الحنكة والحكمة كان عليه أن يقوم بالاختبار والتجريب بصورة معمّقة علمية لا تقبل الجدال؛ لأنه –وببساطة– اعتقد أيضاً أن في الإثبات العلمي والبرهان الحسّي العملي قوة إقناع لا تجاريها قوة مثلها، وأن فيهما المنطلق والأساس لقبول كافة التأكيدات والمشاهدات الأخرى إن هي استندت عليها.

ذكر (بنس جونز – Bence Jones) في كتابه الشيّق (حياة ورسائل فراداي) عن لسانه قائلاً:

> **((لم أكن في بداية حياتي وريعان شبابي سوى فتىً حالماً خيالياً أحب الاستماع إلى القصص ورؤية الأحداث وتصديقها –على علاتها–، لقد كنت من الموقنين بصحة وصدق كل شيء قرأته سواء كان (قصص ألف ليلة وليلة) أو ما جاء على صفحات (موسوعة المعلومات البريطانية)، ولكن على قدر ما يتعلق ذلك (بالحقائق) فقط، فقد كانت من أحبابي الأقرب إلى قلبي وحدسي ووجداني. لقد آمنت بالحقائق الملموسة الصادقة، وكنت قد اتخذت عهداً على نفسي أن أجرّب وأفحص وأطمئنّ إلى (تأكيد) أي حقيقة قيلت لي أو لغيري أو حتى مجرد قد سمعت بها، قبل قبولي إياها)).**

وبناء على عهده ذاك، فقد دأب (فراداي) على إعادة قياس كل ما جاء تأكيده على لسان معاصريه وأبحاثهم ومن سبقهم، كلما وجد إلى ذلك سبيلاً. وقد خصص بالفعل جلّ وقته للتجريب وإعادة التجريب قبل أن يُعلن قبوله لأي تأكيد جاء قبله أو استنتاج.

أما بخصوص معتقده بالمذهب (السندمنتي – Sandemanism) وعن أصل ذلك المذهب وعمق تأثيره عليه وعلى أعماله وشخصيته، فإليك مختصر عنه:

لقد انحدر جل أتباع هذا المذهب وتحولوا إليه بعد أن كانوا أتباعاً لمذهب آخر انتشر في أسكتلندا وهو المذهب (البرسبتاري – Presbyterian)[1] والذي كان تابعاً إلى كنيسته في أسكتلندا والكنيسة الإنجليزية. وفي عهد (فراداي) وشبابه كانت معظم الكنائس (السندمنتية)

---

(1) Presbyterianism – وهو دين وعقيدة العديد الجم من الكنائس التابعة للمذهب (الكالفيني – Calvinist) ضمن المذهب (البروتستانتي – Protestantism) المسيحي. وأهم ما يدعو إليه من الأسس اللاهوتية هو عبادة الله (عز وجل) والإيمان بصدق كافة أجزاء العهد القديم (التوراة)، وبالحصول على الرحمة والعفو الأبدي من خلال الإيمان بالسيد المسيح –عليه السلام– (المترجم). راجع حاشية صفحة (429) كذلك.

تدار من قبل الشيوخ والرهبان والقساوسة من كبار السن، والذين كان قد وقع الاختيار عليهم دون أدنى التفاتة أو اهتمام لا بمستواهم التعليمي ولا لتحصيلهم الدراسي والثقافي ولا المهني والذين كانوا رغم الاختلاف في مناصبهم، سواسية لا يختلف أحدهم عن الآخر علماً ولا فهماً ولكنهم كانوا قد أجمعوا على اتباع تعاليم واحدة لا يختلفون عليها فكانوا يُحرِّمون أكل لحوم الحيوانات والدواجن المقتولة خنقاً، كما كانوا يحرمون شرب الدم، ومن المكروه جداً وإلى حدّ التحريم أن يحاول أحدهم اكتساب ثروة أو يميل إلى جمع مال.

لقد بدا (المذهب السندمنتي) بالفتور والاضمحلال من العالم بعد وفاة (فراداي). وقد بدأ أتباع هذا المذهب بتركه رويداً رويداً حتى آلت جميع الكنائس (السندمنتية) إلى الاختفاء التام من أمريكا بحلول عام (1890). أما (فراداي) نفسه فكان قد أعجب بهذا المذهب منذ صباه وكان كثيراً ما يصفه بالمذهب البسيط المعتدل، ومن أكثر المذاهب المسيحية تسامحاً وقرباً للنفس وترويضاً لها. أما (روبرت سندمن – Robert Sandman) منشئ الكنيسة الخاصة بهذا المذهب فقد وصفه بأنه:

((المذهب الذي يؤمن إيماناً خالصاً بوجود الله (عز وجل) وأن وجوده (جل وعلا) لبيّن من خلال كافة التناقضات الموجودة في الكون الذي خلقه، وعلى الذين لديهم ذرة من شك أو قطمير من حيرة أن يرفعوا أنظارهم إلى سمو السماوات فوقهم وعظمتها، ويفكروا في موجدها ومن رفعها عند ذاك ستبدد شكوكهم وستنجلي حيرتهم مهما تجذرت)).

لم ينل (فراداي) في طفولته ولا في صباه أي تعليم مطلقاً، فقد كان بالكاد –وكما ذكرنا سابقاً– يستطيع الحصول على رغيف واحد يقوّت صلبه أسبوعياً! وقد كتب هو نفسه عن تعليمه قائلاً:

«كاد تعليمي –ولندرته وبساطته– ألاّ يذكر، فقد كان اعتيادياً ودون أدنى مستوى يخطر لك على بال ولم تكن في جعبتي منه إلا النزر القليل من بقايا قراءة متعثرة وكتابة مشوهة وشيء من الحساب لا يُفهم ولا يمت للدقة بصلة، والخلاصة لقد كانت كل حصليتي من التعليم لا تكاد تفوق ما يناله طالب اعتيادي في يوم دراسي ابتدائي (واحد)».

ولقـد اضطر لمـا بلغ عامه الثالث عشر ولم يكد يتمكن حينها مـن فك رموز الخط بعد، أن يترك المدرسة وينخرط في أسواق العمل اليدوي المتعب والجهد الجسمي المضني لكسب لقمة عيشه بنفسه، وما كاد...

وصـف (ثوماس وسـت – Thomas West) مؤلف كتاب (عين البصـيرة – Mind's Eye) وبإسهاب معاناته في صعوبة التعلّم أولاً، وابتلائه بمعاناته من التلعثم الشديد في قدرته على النطق ثانياً، كما وصفه بضعف الذاكرة ومواجهته لصعوبات جمة في إدراكه لمبادئ قواعد اللغة وأسس التنقيط (Puncutation) في الكتابة، مضافاً إليها شيء من ضعف القابلية الرياضية[1]. ولكنـه رغـم كل ذلك كان يتمتع بحاسة بصر حادة ثاقبة وذهـن متوقد صاف. ذكر (مكسويل -Maxwell) لاحقاً بأن قوتي حدس وبصيرة (فراداي) كانتا من القوة والدقة بحيث إنه كان باستطاعته توليف الصور الذهنية الكاملة لخطوط القوى (المغناطيسية والكهربائية) واستشراف تكوّنها وهندستها ونظام توزيعها لتملأ كافة الفراغات المحيطة بوحدات تجاربه ومن ثم قابليته على استنتاج أشكالها ونُظم هندستها بأسلوب منطقي مفهوم ومقبول.

لم يتـوان (فراداي) في صباه وشبابه على ممارسة أرذل الأعمال وأحقرها في سبيل الحصول علـى دريهمات معدودة يقوّت بها نفسه ويدفع كاهـل الفاقة وشبح الجوع والعوز عن أفراد عائلته، فقد زاول توزيـع الصحف اليومية وباع الكتب القديمة وعمل مجلداً للكتب الجديدة ورفـع القمامة ونظّف الشوارع، ومع ذلك ظلت همته عالية ورغبته في التعلّم وتطوير نفسه حاضرة. لقد تحققت بعض أمانيه عندما أخذت الأمية بالانحسار في أوروبا وجاء مد المعرفة وانتشـار القراءة بفضل تطور صناعة طبع الكتب وتوزيعها، وما نجم عن ذلك من ارتفاع في مناسيب شراء الكتب بسبب رخص أثمانها، ولم يجد (فراداي) متعة في حياته كتلك التي كان يشعر بها ويلتذ حينما عمل بطباعة وتجليد وتنظيف الكتب التي وصلت إلى متناول يده نتيجة

---

(1) أشـك في وجـود الموجب الأساسي المرضي أو الخلقي لكافة تلك الأعراض ولا أظنها ثانوية ناتجة من أي علة. ولعلها بمجملها تنطـوي تحـت عوارض وظواهر سوء التغذية الذي عانى منه فراداي طويلاً، بدليل عدم ذكر التاريخ لأي ترسبات أو عوارض رافقته منها إلى مراحل رجولته. (المترجم).

عمله فصار قريباً منها. لقد حاول اقتناص تلك الفرصة وبدأ شيئاً فشيئاً يطور قابليته وإمكانيته على القراءة والفهم. ولقد أعجب خلال تلك المدة أيما إعجاب بكتاب (الدكتور إسحاق وات – Dr. Isaac Watt) الذي عنوانه(تطوير المهارات الذهنية) واحتفظ بنسخة منه (في حلّه وترحاله) دائماً معه في جيبه وصار يتفحصها ويقرأ –بل ويحاول فهم وتطبيق– كل ما جاء فيها من نصائح رفع الهمة وتطوير الذات وتنوير الفهم والذهن. وخير ما أعجب به (فراداي) من كتابه ذاك هو مناقشته للسبل الثلاثة لتطوير ملكة الذكاء، وهي: حضور المحاضرات وأخذ الملاحظات عما تسمع وترى بدقة والتفاعل والاحتكاك المستمر مع كل من له ميول يشابه ميولك واهتمامات تقترب من اهتماماتك.

أما إيقاد شعلة حب (فراداي) للعلوم بصورة عامة وشغفه وهيامه بموضوع الكهربائية بصورة خاصة وسلبها إياه لبّه، فقد حدث عن طريق صدفتين غريبتين غير متوقعتين تماماً حضّرهما له القدر الذي كان قد اختط له مستقبله ليكون عالماً مرموقاً وأباً شرعيّاً لعظميات نظريات الكهرباء وأشهر قوانينه وكان قد كتب ذلك سلفاً في لوح الأزل.. ففي أحد الأيام وقعت بين يديه نسخة من (الموسوعة البريطانية) لأحد زبائنه ليجلّدها له، فأعجب بها أيما إعجاب وافتتن غاية الافتتان بـ(127) صفحة منها كانت شرحاً لمُدخل جديد أذهله وأحبّه اسمه (الكهربائية – Electricity)، فما كان به إلا أن سارع لدراستها، ثم لتطبيق بعض التجارب المبسطة التي جاءت تلك الموسوعة على ذكرها باستعمال ما وصلت إليه يداه من قنان قديمة وقطع خشب عتيقة، كما تمكن من بناء آلة مبسطة تدار باليد غرضها إنتاج بعض الشرارات الكهربائية. وبعد أن تعمق في دراسة ما استطاع الحصول عليه من كتب ومعلومات (ربما عن طريق عمله كمجلد للكتب والمخطوطات) توصل إلى استنتاج مهم مفاده: أنه رغم معرفة العلماء للكهرباء ووصفهم لها منذ قرون، إلا أن هناك الكثير والكثير جداً مما يجب عليهم فهمه ودراسته بعد.

تلك كانت الصدفة الأولى، أما الثانية وهي التي غيّرت حاله وأبدلت حياته إلى الأبد، فكانت في عام (1812) حينما أصيب العالم الإنجليزي العظيم [همفري ديفي (1829–1778) Hemphry Davy] بالعمى المؤقت نتيجة انفجار إحدى تجاربه عليه مما اضطره إلى البحث

عن مساعد له من أجل إكمال تجاربه التي لم يتمكن منها فكاكاً، فساق القدر (فراداي) إليه فعيّنه (ديفي) مساعداً له. (وللمهتمين الذين يرغبون في التعرف على المزيد من تفاصيل ذلك الانفجار وعلاقته بأعمال الكيميائي الفرنسي [بيير دولو (1785–1838) Pierre Dulong]، انظر مدخل (قانون ديولو وبتي للحرارة النوعية The Dulong – Petit Law of Specific Heats) في هذا الكتاب صفحة(416). وفي عمله معه تعرّض (فراداي) بدوره إلى مجموعة من الانفجارات من جراء تجاربه وأعماله. أما أخطرها فكان يوم حمل بين أصبعيه الإبهام والسبابة أنبوباً يحتوي على مركّب (ثالث كلوريد النتروجين – Nitrogen Trichloride (NCl_3)) القلق، وعندها حدث الانفجار المروع الذي أوشك أن يطيح بيده كلها!

وبعد أن ثبّت أقدامه في ميدان العلوم وصار معروفاً في مجالات تجاربها شرع بنشر أبحاثه، وكانت غرّتها ذلك الذي نشره في عام (1816) وكان بعنوان (تحليل مادة جير توسكاني الحارقة)[1] Analysis of Caustic Live Tuscany) وفي عشرينيات القرن التاسع عشر (1820s) تمكن من عزل المادة الكيمياوية التي تعرف اليوم باسم (البنزين – Benzene)[2]، وبعد عدة تجارب واختبارات توصل إلى حقيقة احتواء هذا المركب الجديد على أعداد متساوية من ذرتي الكربون والهيدروجين، فأطلق عليه اسم (الهيدروجين المكربن – Carbonated Hydrogen). وفي عام (1820) تمكن ولأول مرة في تاريخ الكيمياء من توليد مركبي الكربون والكلورين المعروفين علمياً باسم (رابع كلورو أثيلين[3] (Tetrachloroethylene) – أو – رابع كلورو أيثين (Tetrachloroethene) ورمزه الكيماوي (C_2Cl_4).

(1) Caustic Lime – ويسمى بالجير المحروق أو الجير السريع وهو مركّب أوكسيد الكالسيوم (CaO) القاعدي البلوري الأبيض اللون وكثيراً ما يستعمل كمادة أولية للبناء. وكملاط لشد الطوب والأحجار بعضاً ببعض.. ويختلف عن الإسمنت (الكونكريت) بضعف مقاومته للرطوبة. (المترجم).

(2) Benzene – أو البنزول مادة كيمياوية من فصيلة الكحولات العضوية، رمزها الكيمياوي العام (C6H6) وهو عبارة عن سائل عديم اللون سريع الاشتعال حلو الرائحة يستعمل كمذيب عضوي، وهو من المواد المسرطنة المعروفة (المترجم).

(3) ويسمى (بسائل الغسيل الجاف – dry-cleaning fluid) وهو سائل شفاف يستعمل لذلك الغرض، عديم اللون ذو رائحة (حلوة) يمكن تمييزها ابتداء من تركيز 1000000 / 1 – جزء واحد من مليون جزء في الهواء. وكان عالمنا (فراداي) قد تمكن من تحضير المركب الأول من تسخين المركب الثاني. (المترجم)

وسادس كلورو أيثيلين (Hexachloroethelene) أو سادس كلورو ايثين (Hexachloroethene) ورمزه الكيماوي (C_2Cl_6).

وفي عام (1821) تزوج من الحسناء الناعمة ذات الثلاثة والعشرين ربيعاً (سارا برنارد – Sarah Barnard) والتي منحته زواجاً سعيداً مريحاً فرح به أشد الفرح طوال حياته معها. لاحظ في ذلك الزواج أن (سارا) لم تكن بذلك الذكاء الحاد ولا الألمعية التي كان يتمتع هو بهما، ولكن (شحنات) العاطفة المتدفقة والحب الدافئ الذي منحته إياه كان كل ما هو بحاجة إليه. لم تدرسْ (سارا) الكيمياء من قبل ولم تحاول البروز فيها، ولكنها كانت فخورة بما هي عليه وبإمكانياتها المتأججة لكسب حب واحترام زوجها وفنونها في إضفاء كل ما من شأنه أن يضيف البهجة والحبور والارتياح إلى حياته. نقل مؤلف كتاب (**ميشيل فراداي**) الكاتب (ال.بيرس وليامز – L. Pearce Williams) قولها بثقة:

«نعم... لا أظنني بحاجة إلى الكيمياء أملأ بها رأسي واقلق بها راحتي... فهي مادة على قدر عال جداً من الأهمية والصعوبة وقد تمكنت من الاستحواذ على رأس (فراداي) كاملاً، إضافة إلى سلب كل اهتماماته إلى الدرجة التي حُرم معها من النوم. أما أنا فقد رضيت غاية الرضا عن دوري -كمجرد وسادة- تستطيع أن تعيد هذا الرأس العبقري، وذلك الذهن الشارد المشغول المتوقد إلى نومه الهادئ ببساطة!! فلا حاجة لي برأسه وإنما حاجتي في قلبه)).

ولعل (فراداي) كان محظوظاً لحصوله على مثل تلك الزوجة، إلا أن التاريخ يروي لنا أنه أوشك أن يفقد تلك الحانية الذكية رغم جمالها ومواصفاتها الاجتماعية المميزة فقد كانت ابنة (راعي الكنيسة السندمنيهSandemanian Elder). حدث ذلك بعد أن أُعجب بها وأعجبت به، فأهداها في خلال أحد لقاءاتهما قصيدة شعرية – حاله حال كل المعجبين والمحبين – إلا أنه وبدل أن يتغزل بها ويسمعها همس قلبه وألحان حبه، جرح شعورها في العمق بتمجيده (للعلم!!) فيها ومدحه إياه بطريقة فهمت منه وأفهمها بأن الحب ما هو إلا خُدعة تسلب المرء لبه وتُفقده وعيه وتمنعه من تحقيق غاياته السامية. أدارت له ظهرها وغلّقت بوجهه أبواب قلبها بعد تلك القصيدة المشؤومة، فما كان منه إلا أن أدرك مدى (غبائه العاطفي) و (أُميته في معاملة

النســاء) وهو العالم الذكي المتميز في علم الكهرباء والكيمياء فبادر بإصلاح خطئه القاتل ونجح أخيراً باسترجاع قلبها الطائر، إليه وغرامها القاهر به بعد أن أفهمها أن حبه وولعه وهيامه بها لا يقل، بل قد يفوق حبه وولعه وهيامه بالعلم الذي بين يديه، فقبلته زوجاً لها.

لقد سبق التطرق إلى اكتشاف (فراداي) لمواصفات الكهرومغناطيسية وأبحاثه الفيزيائية ذوات العلاقــة. أما عمله المبدع الجديد بخصوص تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية فقد نُشر في عدد تشرين أول (اكتوبر) من عام (1821) في الدورية العلمية المرموقة (المجلة الفصلية للعلوم) تحت عنوان (حول بعض العلاقات والحركات الكهرو – مغناطيسية و نظرية المغناطيسية).

أما تجربته الفريدة، وما احتواه مقاله أعلاه فقد كان وصفاً دقيقاً ومدهشاً لما قام به بالفعل:

((لقد قام (فراداي) بإدخال ســلك كهربائي بصــورة عمودية في مركــز إناء زجاجي وختم قاعه ثم ملأ الإناء بالزئبق وأرســل تياراً كهربائياً خلال ذلك الســلك من أسفل الإناء إلى أعلاه، ثم قام بعد ذلك بوضع قضيب مغناطيسي فيه وأركسه في قعره بحيث يقف منتصباً داخله. أسفله مستقر وحر الحركة، وأعلاه ظاهر يُرى فوق سطح مستوى الزئبق في الإناء، ولما أغلق (فراداي) دائرة السلك الكهربائية وبدأ التيار يسير فيه ابتدأ قضيب الحديد المغناطيسي بالدوران وكأن تياراً خفياً أو قوة ما تجبره على الدوران. لقد كان ما فعله (فراداي) حينها يمثل وبطريقة ما أول محرك كهربائي في الوجود!)).

اشتعلــت نــار الحسد في قلب (همفري ديفــي – Hemphry Dauy) لمــا شاعت شهرة (فراداي) العلمية وابتدأ نجمه بالصعود، وغضب غضبا شديداً وفقد أعصابه من غيرته مما صنعه غريمه، فصار يتهجم عليه في كل مجلس ولقاء ويتهمه بسرقة أفكار زملائه ومساعديه، وقد بلغ به الحنق والكراهية مبلغاً أعماه، فصار يُؤلب عليه المعارف والعلماء ويستحثهم على نقض طلباته للانتماء إلى الجمعية الملكية أو انتخابه عضواً فيها، ولكن باءت كافة محاولاته بالفشل وجرّ أذيال الخيبة عندما نجحت مساعي (فراداي) وتم انتخابه بالفعل عضواً فيها في عام (1824).

وفي عــام (1831) أهدتــه نباهته وحدســه إلى اكتشاف فريد. لقد كانــت فكرته هذه المرة تتمحور حول إمكانيته جعل تيارٍ كهربائي يمر في سلك معزول ويولد تياراً آخر في سلك ثانٍ

معزول عــن الأول. ولهذا الغرض قام بربط مقياس للتيار الكهربائي من نوع (الكلفانومتر - Galvanometer) وتثبيته بطرفي سلك لفه على جانب حلقة معدنية غليظة (تشبه فطيرة الدونت)، وعلى جانبها المقابل قام بربط سلك آخر بدائرة كهربائية خارجية بعد أن لفه بنفس الطريقــة حولهــا. أما خطته فكانت بإرســال التيار الكهربائي من المصــدر والذي سيدور في السلك المربوط به ويولد نوعاً ما من (الحلقات المغناطيسية) - أو الفيض) والذي سيتدفق عبر فراغ الحلقة الحديدية الغليظة ويحث توليد تيار كهربائي جديد في السلك الثاني المربوط بجهاز الكلفانومــتر وسيعتبر تجربته وتفكيره صائبين إذا ما تمــت قراءة أي مقدار من التيار الكهربائي (وقــد تولد في الملف الثاني) في ذلــك الجهاز. ولكن ما وجده (فــراداي) حقيقة، وعند غلق الــدورة الكهربائية وإمرار التيار الكهربائي في حلقات السلك الأول كان تحركا مفاجئاً تم في الجهــاز بمعنى تولد كمية تيــار فيه ثم عودته فوراً إلى قراءته الصفرية مهما كانت فترة بقاء التيار سائــراً في الملف الأول. ولكن المفاجأة الحقيقية، وما أذهله فعلا هو ما حدث عند فتح الدورة الكهربائية الأولى وقطع التيار الكهربائي عن ملف السلك الأول، فحينها، وحينها فقط لاحظ تولد التيار الكهربائي في السلك المربوط بجهاز الكلفانومتر (بدليل تحرك إبرته)!!

أمــا حقيقة ما اكتشفه فــكان احتفاظ حلقة الحديــد بالمغناطيسية التي ولدهــا مرور التيار الكهربائــي في سلــك الملــف الأول المتصــل بالمنبــع. عملت تلــك المغناطيســية المتبقية (أو المحفوظــة) وبعد انقطاع التيار (بحثِّ) تيارٍ جديدٍ في ملف السلك الثاني. كما وجد أن هذا التيــار (الثانــوي) الجديد لا يتولد إلا عند زيادة أو نقصان التيار في الملف الأول المتصل بالمنبع - ولا يتولــد أي تيار في الملف الثانوي حين استمرار مرور تيار ثابت في الملف الأول ومهما كانت فترة وصله بالمنبع.

قام (فراداي) بوصف ملاحظاته التي صاغها بلغة إنكليزية بسيطة على شكل قانون ينص على:

(1) تولد القوة المغناطيسية تياراً كهربائياً كلما تغيرت.

(2) تزداد كمية الكهربائية المتولدة كلما زادت سرعة تغير القوة المغناطيسية التي (تستحثها).

بعــد عدة أسابيــع من التجــارب والمحاولات خــرج (فراداي) علــى الملأ وقــد أثبت أن

باستطاعته استعمال المغانيط الدائمة لتوليد التيارات الكهربائية كما أثبت أنه بالإمكان تحويل القوة المغناطيسية إلى قوة كهربائية. واستعمل في ذلك قرصاً نحاسياً ينتج تياراً كهربائياً عندما يدور ما بين قطبي مغناطيس دائم.

لقد كان لتلك التجربة تأثيراً إيجابياً باقياً (وراسخاً) على تاريخ تجارب وتوليد الكهربائية والمغناطيسية وكافة تطبيقاتها منذ ذلك الحين وحتى اليوم، فقد استطاع العالم (مكسويل – Maxwell) في خلال ستينيات (1860s) و سبعينيات (1870s) القرن التاسع عشر الاستفادة من الأسس والمبادئ التي أرساها (فراداي) لوضع نظريته في الحقول الكهرومغناطيسية. والحقيقة أن نظرية (فراداي) التي صورت خطوط القوى وهي تنتقل بصورة ديناميكية حركية ما بين الأجسام التي لها صفات كهربائية ومغناطيسية، هي التي مكنت (مكسويل) من اشتقاق نظريته الرياضية لوصف طريقة انتشار الموجات الكهرومغناطيسية، فقد استعمل في عام (1865) طريقة رياضية ليُثبت بواسطتها أن انتشار تلك الموجات يتم بسرعة الضوء وبنفس طريقة انتشار موجاته في الفراغ. لقد مهد ربط سرعة الموجات الكهرومغناطيسية بسرعة الضوء لوضع الأسس الأولية للاتصالات الراديوية والتي أثبتت التجارب العملية التي قام بها العالم الفيزيائي الألماني المعروف [هنريخ هرتز – Heinrich Hertz (1857–1894)] في عام (1888) صحتها، الأمر الذي مهد بدوره الطريق وفتحه أمام المخترع الإيطالي الشهير [كوكليلمو ماركوني – Guglielmo Marconi (1874–1937)] لوضع التخطيط العملي وبناء أول جهاز راديو في العالم.

لم تكن إنجازات (فاراداي) ولا أفكاره يوما مجرد إرهاصات فكرية وتطلعات خيالية، وإنما كانت ذات تطبيقات عملية خطيرة صار لها أعظم الأثر في حياة كل فرد على كرتنا الأرضية، فقد أدت قوانينه إلى اختراع (المولدات الكهربائية) التي تنتج قوى مغناطيسية دائمة التغير عن طريق إدارة المغانيط باستمرار، أما حركة هذه المغانيط فيمكن إدامتها عن طريق مجاري المياه الساقطة أو الشلالات أو البُخار أو الغاز الطبيعي، أو عن طريق أي مصدر طاقة آخر حفري كان أم نووي. وإذا ما أُديرت المغانيط العملاقة في المولدات الجبارة صار بإمكاننا توليد الكهربائية برتابة واستمرارية،

وما علينا إذا ما رغبنا في زيادة محصول الكهربائية الناتجة منها إلا زيادة سرعة دورانها.

وبإمكاننا الاطلاع على العديد من التجارب الأخرى التي قام بها (فراداي)... فعلى سبيل المثال وفي إحدى تجاربه، عمد إلى إعادة تجربته السابقة مع حلقة الحديد الشبيهة (بحلوى الدونت – Donghnnt) ولكن باستعمال ملفين منفصلين [الف(أ) وباء(ب)] ثابتين، قرّب أحدهما من الآخر وربط أحدهما: (أ) بمفتاح وببطارية تزوده بالقوة الدافعة الكهربائية وبالإلكترونات. وربط الثاني (ب) بجهاز قياس كمية ومقدار القوة الدافعة الكهربائية (ق. د. ك.) المارة به (الكلفانومتر). ولما أغلق الدائرة الكهربائية الحاوية على الملف (أ) شاهد انحراف إبرة الكلفانومتر المربوط بالملف (ب) بصورة مؤقتة، ولما فتح الدورة (الحاوية على الملف أ) وقطع عنها تيار البطارية الكهربائي، لاحظ انحراف إبرة الكلفانومتر المربوط بالملف (ب) أيضا ومرة أخرى بصورة مؤقتة ولكن بالاتجاه المعاكس. وبناء على ذلك استطاع إثبات، وبالتجربة العملية أن هناك قوة دافعة كهربائية تتولد في الملف (ب) كلما تغير مرور التيار الكهربائي في الدائرة الحاوية على الملف (أ).

شرح (فراداي) تجاربه ونتائجه بأسلوبه الخاص في بحث نشره عام (1832) وكان بعنوان (في سبيل حث واستحداث التيارات الكهربائية)، وقد جاء فيه:

((أحضرتُ قطعة كبيرة ومناسبة من الخشب ولففت حولها مئتين وثلاثة أقدام من سلك النحاس المعزول كهربائياً وبطول واحد مستمر دون اي انقطاع، ثم قمت بإحضار ما مقداره مئتين وثلاثة أقدام من ذات السلك النحاسي ولففتها بشكل حلزوني متداخل ما بين دورات السلك الأول وحرصت ألا يوجد أي تماس ولا تلامس بين أي من أجزاء السلكين أبداً (أي أن يكونا معزولين عزلاً كهربائياً تاماً). ثم قمت بربط طرفي أحد الملفين الحلزونيين بقطبي جهاز (الكلفانومتر) وربطتُ طرفي الملف الثاني مع قطبي بطارية كهربائية متكونة من مئة زوج من الألواح النحاسية والتي سبق وأن قمت بشحنها شحناً جيداً. كما حرصت على جودة الاتصالات بين الأقطاب ونقاط التلامس وتأكدت مرة أخرى من عدم وجود أي تلامس أو خُدوش ما بين الملفين ذاتهما أو أي جزء من أسلاكهما المتظافرة. ولما قمت بإغلاق الدائرة الكهربائية وإمرار التيار الكهربائي من البطارية خلال الملف

الأول، لاحظت حدوث انحراف فجائي بسيط في الكلفانومتر المربوط بالملف الثاني، كما لاحظت عين ذلك الانحراف الجزئي الضئيل عند فتحي لدائرة البطارية الكهربائية وقطع مسار التيار خلالها. وفي الحالة الثالثة ولما حرصت على استمرارية إمرار التيار من البطارية خلال الملف الأول، لم ألاحظ أي تغير في حركة إبرة (الكلفانومتر) المربوط بالملف الثاني، ولم ألاحظ استحداثه أي كهربائية محسوسة أبداً، رغم تأكدي التام باستمرارية مرور القوة الكهربائية من البطارية وبمناسيب عالية جداً)).

لقد نال (فرداي) كأس السبق في تسجيل نتائج تجاربه حول إمرار الكهربائية في الأسلاك المعزولة كهربائياً واختبار تأثيراتها المختلفة، ولكن من الجدير بالذكر هنا، أن أقرب شخص كان على وشك كشف اللثام عن العلاقة الأزلية المهمة بين ظاهرتي الكهربائية والمغناطيسية هو الفيزيائي الدنماركي [هانز اورستد (1777-1851) Hans Orsted]. وكان قد سبق (فراداي) فيما ذهب الاثنان إليه، فلقد اكتشف (اورستد) وفي عام (1820) تأثير التيار المار في سلك على إبرة البوصلة المغناطيسية الموضوعة بجانبه واستنتج بأن هناك قوة تُشابه القوة المغناطيسية في تصرفها قد تولدت من مرور ذلك التيار في ذلك السلك.

يذكر لنا تاريخ الكهربائية أيضاً العديد من التجارب والكثير من الأسماء اللامعة التي شاركت و/أو توصلت إلى نتائج مقاربة أو مشابهة لما قام به أو توصل إليه (فراداي) نذكر لك منها ما يلي:

لقد قام كل من العالمين، الفيزيائي الفرنسي [اندريه - ماري امبير Andre Marie Ampere (1775-1836)]، والفيزيائي والرياضي الفرنسي [فرانسوا اراكو (1786-1853) Fransois Arago] بابتكار مغناطيس كهربائي حقيقي عندما اكتشفا قابلية التيار الكهربائي المار عبر سلك موصل على شكل حلزوني من جذب برادة الحديد. وقد وجد الفيزيائي الفرنسي [شارل اوكستين كولوم Charles Augustin Coulomb (1736-1806)] وبعد تجارب عدة تشابهها بينا في مواصفات كل من المغناطيسية والكهربائية: كأن تتناسب شدة كلا القوتين عكسياً مع مربع المسافة الفاصلة بينها وبين آلة قياسها. كما أثبت العالم الألماني [اوتو فون كيورك

[Otto Von Guerick (1602-1686)] أن لكلا الظاهرتين قطبية معلومة تتمتع بظاهرتي التجاذب والتنافر.

هذا وبتوفر كل التجارب والحقائق أمام (فراداي) وبهضمها جميعاً في ذاكرته ومُخيلته، استطاع أن يتوصل إلى الاستنتاج القائل بضرورة كون قوتا الكهربائية والمغناطيسية قوتين متبادلتين، بعبارة أخرى لما توصل العالم (أمبير) إلى حقيقة إمكانية تصرف الكهربائية كمغناطيس - أي باستطاعتها تكوين حقل مغناطيسي وأثبت ذلك عملياً، صار (فراداي) يتساءل فيما إذا كان بالإمكان استخدام المغناطيسية لتوليد الكهربائية؟! وقد كان مصيباً في تساؤله ذاك كلّ الصواب.

لقد اهتم (فراداي) كذلك - وكما تقدم ذكره - بظاهرة التحليل الكهربائي، وهي إحدى الطرق التي يمكن بواسطتها إحداث التغيرات الكيميائية عن طريق تفاعلات تتم عند أقطاب كهربائية موصلة بتيار كهربائي مستمر. وكان بذلك الأب الشرعي لما سيُعرف لاحقاً في المستقبل بـ(علم الكيمياء الكهربائية - Electrochemistry). ويمكن تلخيص أعماله الخالدة تلك بنقاط عدة أهمها؛ أنه استطاع أن يُثبت [وباستخدام الكلفانومترات، وهي أجهزة قياس (ق.د.ك.) القوة الدافعة الكهربائية، وبقية المواد الضرورية لإجراء عمليات التحليل الكهربائي كالأقطاب المناسبة والأسلاك والبطاريات... إلى آخره] تناسب التفاعل الكيميائي طردياً مع كمية الكهربائية المارة خلال ما يسمى - بخلية التحليل الكهربائي - أي خلال محلولها أو خلال منصهرها، أي تناسب كميات المواد المترسبة أو المتفاعلة مع شدة وكمية التيار الكهربائي المعين المار خلالها من جهة، ومقدرة تلك الكمية المعينة من التيار على ترسيب المواد بصورة متناسبة مع أوزانها المكافئة (Equivalent Weights) من جهة ثانية. يحفظ لنا التاريخ مقدار استفادة الفيزيائي الألماني [هرمن فون هلمهولتز (Hermann Von Helmholtz (1821-1894] من أوراق (فراداي) بعد وفاته لاستنباط ودعم نظرياته القائلة بوجوب تكون الكهربائية من جزيئات مفردة منفصلة سريعة الحركة، تحمل شحنات متشابهة، [والتي أسميناها فيما بعد بـ (الإلكترونات - Electrons)].

حدث في عام (1839) أن أُصيب عالمنا الجليل (بالانهيار العصبي الحاد) والذي يعزيه بعض المؤرخين إلى ما يقارب العقد الكامل من الجهد الذهني والبدني المستمرين وطول السهر والعمل المضني، كان (فراداي) قد أنفقها من رصيد صحته ومقاومة جسمه ونشاط عقله من أجل فهم كُنه وطبيعة ظاهرتي الكهربائية والمغناطيسية، ومع ذلك ظلّ الرجل صامدا يدلي برأيه بين الحين والآخر ويقوم بهذه التجربة أو تلك بين الفينة والفينة، ورغم إمكاننا القول إنه لم ينقطع تماماً عن غزارة إنتاجه ودقة تفكيره ورهافة حسه... تماما خلال تلك الفترة، إلا أنه كان قد أوشك على ذلك.

ومن العجيب، أيضاً أن يذكر لنا التاريخ أن (فراداي) كان قد أُوقف عن عمله الكنسي في عام (1844) (ككبير للكنيسة السندمنية – Sandemanian Church)[1] وذلك لغيابه عن إقامة قداس واحد بعد ظهر أحد أيام الأحد – علماً أن هذا هو الأحد الوحيد الذي كان قد تخلف عنه طوال حياته!! – وقد رُفض طلبه لنيل العفو والسماح بلطف ولكن بمنتهى الحزم حين أجابته عصبة كبار الكنيسة بأن دعوته لحضور الغداء مع الملكة (فكتوريا – Victoria) والذي صادف ظهر ذلك اليوم لم يكن عذراً كافياً لتخلفه!!

والظاهر أن اكتشافاته لم تكن لتقف عند حد، ففي عام (1845) استطاع أن يكتشف حقيقة إمكانية إدارة مستوى استقطاب الضوء عند إمراره خلال زجاجة بوجود حقل مغناطيسي مجاور لها. تسمى هذه الظاهرة اليوم (بتأثير فراداي – Faraday Effect). وتبرز أهمية هذا الاكتشاف كونه النور الأول الذي هدى الجميع إلى حقيقة وجوب وجود العلاقة الوطيدة ما بين الضوء والمغناطيسية. كتب إلى صديقه الأستاذ السويسري [كرستان فردريخ شونبين (1799 -1868) Christian Friedrich Schoenbein] في شهر تشرين الثاني (نوفمبر) من عام (1845)، يصف له أحواله ومجرى سير أعماله واكتشافاته حيث قال:

((الان وفي خلال هذه الأيام، أكاد لا أجد لحظة واحدة من وقت كي أُضيعها بغير العمل والبحث والتجربة... تصور أنه حدث وتمكنت من إيجاد علاقة فريدة مدهشة مباشرة ما

---

(1) راجع شرح معنى الكلمة أسفل صفحة (429) وصفحة (568) من هذا الكتاب. (المترجم).

بين المغناطيسية والضوء، كما اكتشفت علاقة أخرى ما بين الكهربائية والضوء وأعتقد أن هذا الإنجاز الذي قد فُتح أمامي يمثل بداية حقل بحوث جديد وعصر أحداث مثيرة، من الطبيعي أن أجد نفسي منغمساً به راغباً في تفحصه واستكشافه عن كثب بنفسي أولاً. لا أجد بين يدي الآن ما أستطيع أن أبوح لك به ولا يسعني إلا أن أتحرى العمل الجاد خلال هذه الأيام. كاد رأسي أن ينفجر من كثرة الأفكار التي غزته وعيناي أن تكل من كثرة تصور المشاهدات العلمية، وصرت أُصاب بالدوار غالباً وبالإعياء أحياناً وعليه فقد قررت المجيء إلى هذا المكان (برايتن - Brighton) للاستجمام قليلا ولكنني لم أتمالك نفسي، فجلبت كل آلاتي وأدواتي وأبحاثي معي إلى هنا)).

وفي عام (1845) اكتشف (فرادای) ظاهرة فريدة في عالم المغناطيسية أسماها (بالثنائية المغناطيسية - Diamagnetism)، وهي عبارة عن وجه من أوجه المغناطيسية الاعتيادية ولكنها تفصح عن نفسها في بعض الفلزات فقط إذا ما تم وضعها في حقل مغناطيسي، وسُلط عليها قسراً. ولكن رغم الحقيقة القائلة بأن لمعظم المواد المعدنية في الطبيعة مثل تلك الخاصية، فقد اصطُلح اقتصار استعمال هذه الكلمة - أو الصفة - وعدم إطلاقها إلا على عائلة محددة من الفلزات - ومنها الذهب - والتي تبرز خاصية الثنائية المغناطيسي فيها بشكل قوي مُبهر لا يقبل الجدال أو الشك. وللاستزادة حول هذا الموضوع وللتعرف على صفات الفلزات والمواد المنتمية إليه، انظر مدخل **(قانون كيوري للمغناطيسية وقانون كيوري - ويس)**.

عندما حل عام (1855) وفي السنين القليلة التي تلته بدأ عالمنا الجليل يعاني من قصور حاد وشديد في نشاطه الذهني، حيث بدأت تظهر عليه علامات الشيخوخة والخرف، عندها بدأ (فرادای) بالتخلي الطوعي شيئاً فشيئاً عن مسؤولياته الوظيفية وصار أكثر انطواءً، فابتعد عن أكثر فعالياته الاجتماعية، ما عدا مواظبته المستمرة على تدريس الكيمياء والفيزياء.

لقد تبنى فرادای وفي سني حياته المتأخرة فكرة بسيطة جديرة بالاهتمام والاقتداء ألا وهي الإعلان والتحضير لإلقاء محاضرة موسعة ولكنها مبسطة عن العلوم وتطورها، والفيزياء وأهميتها، والكيمياء وعجائبها في أمسية عيد الميلاد وسمى تلك الفعالية (بمحاضرة عيد

الميلاد – Christmas Lecture) التي كانت تجذب الكثير من الأطفال واليافعين وقد جروا معهم ذويهم أيضاً إليها، وجعل منها احتفالاً مزدوجاً بالعلم وبالمناسبة ذاتها. ولكن القدر لم يمهله كفاية من قوة وبقية من همه فلم يتمكن من إلقاء محاضرتيه لعامي (1860 و 1861) كما درج قبلها لسنين عدة، فتم تحريرها وإعادة صياغتها وأُلقيت من قبل أساتذة آخرين غيره... ومن الجدير بالذكر أيضاً أن الجمعية الملكية الخاصة بهذه الفعالية والتي اتخذت اسمها الرسمي كـ (المؤسسة الملكية لمحاضرات عيد الميلاد) والتي تم تأسيسها تقديراً لأهمية ما قام به وابتكره (فراداي) أولاً، لازالت تزاول نشاطها السنوي وحتى اليوم!!

ذكرت إحدى القصص التي رويت عن آخر ساعات نزعه وقُبيل وفاته بقليل، وكان قد أيقن بدنو أجله واقتراب ساعته، أن سأله أحد الحاضرين مجاملة له – ذلك السؤال الذي أجاب عليه (فراداي) بطريقة آخر ما يمكن أن توصف بأنها كانت متوقعة – مستفسرا: عزيزنا الأستاذ (فراداي) ما هي يا تُرى تخميناتك ونظرياتك وأنت في هذه الساعة؟ فأجابه (فراداي بتصميم غريب وبإرادة بينة وبصوت جهوري واضح: ((عزيزي فلان في هذه اللحظات... ولعلي أحسبها الأخيرة في عمري المديد، لا يتحمل رأسي الآن أي تخمينات ولا تخطر على بالي أي فرضيات... لا يعتمر في عقلي ولا يحوي رأسي الآن إلا اليقين!!))... ثم تلا على الملأ الإصحاح الثاني عشر من الفصل الأول من كتاب (التايموث – Timothy 1-12)[1] والذي جاء نصه:

(أنا على يقيني بالذي هداني إليه (الله جل وعلا) ويقيني راسخ بأنه (تبارك وتعالى) عند حسن ظني بأنه إلى جانبي في هذا اليوم). ثم فاضت روحه إلى بارئها وهو جالس بارتياح على كرسيه المفضل، وقد أقيمت له مراسيم جنائزية بمنتهى البساطة والاختصار ولم يُدع إليها بل لم تضم إلا أقرب المقربين من أقربائه بناءً على وصيته المسبقة بذلك.

(1) Timothy – رجل دين مسيحي من القرن الأول الميلادي (توفي في عام (80 م) وأحد التلاميذ المقربين من (بولص – أو بول – Paul) الرسول، أحد حواريي السيد المسيح عليه السلام. وقد كانت أمه وجدته لأمه يهوديتين ولا يعرف الكثير عن والده. صاحب القديس بول في تنقلاته الكثيرة والذي أعتقد بأن لأصله (اليهودي) تأثيراً مباشراً على قبول دعوته للملأ إلى (المسيحية) الجديدة. وقد عينه ككاهن لإحدى الكنائس الإغريقية في إنطاليا (إيطاليا). المترجم.

لعل من أصدق وأكثر السير الذاتية الشخصية لـ (فراداي) تأثيراً هي تلك التي كتبها (جون هول كلادستون – Johb Hall Gladstone) في عام (1872) وقد كان زميلا له في المعهد الملكي لعدة سنين.

كتب (كلادستون – Gladstone) يصف أواخر أيام (فراداي) قائلاً:

((قلت ساعات العمل الموكلة إليه بحكم تقدمه في العمر لتقدير زملائه لفضله عليهم، فصار يقضي جل وقته بعد سويعات التدريس القليلة جالساً عند النافذة الغربية حتى الغروب يملأ تجاويف قلبه ونسيمات روحه من ذاك المنظر الأزلي الخلاق الباهر قبل أن يُشبع مقلتيه من النظر إليه، وحدث في أحد الأيام الممطرة أن حاولت زوجته بكل لطفها وحبها له جذب انتباهه إلى روعه (قوس القزح) الذي افترش نصف السماء وقت الغروب عند ذلك المكان، فما كان من (فراداي) إلا أن شخص بعينيه إلى ما وراء زخات المطر بل إلى ما يعلو الألوان الفريدة لذاك القوس وقال [لم يضع (سبحانه) آية من آياته، أعظم مما وضع هناك (في السماء)].

لقد أتى خلاصه، وفاضت روحه إلى بارئها بكل دعة وسكون وسلام وعلامات الرضا على وجهه والابتسامة مرتسمة في قلبه قبل أن تبدو على شفتيه في اليوم الخامس والعشرين من شهر آب (أغسطس) من عام (1867).

سُميت إحدى فوهات القمر بقطر (69) كيلومتراً باسمه تقديراً له وتيمناً به وقد صادقت الجمعية العمومية لاتحاد الفلكيين العالميين على تلك التسمية في عام (1935).

لعل من غرائب بل من فضائل أعماله احتفاظه ودأبه على كتابة مذكراته العلمية وطوال فترة حياته الحافلة بالإنجازات والاكتشافات. بدأها في عام(1832) واستمر فيها مانحاً لكل فقرة من فقراتها رقمها الخاص بها حتى نمتْ واتسعت بنهاية فترة حياته العملية بُعيد عام (1861) لتبلغ ما مجموعه (16،041) فقرة ضمتها سبع مجلدات ضخمه. لاتزال تلك المذكرات بمجلداتها السبعة مصدراً نافعاً وشاخصاً خالداً لما يمكن أن يضيفه إنسان واحد من فكر مبدع خلاق إلى دنيا العلم. لقد عكف (فراداي) طول حياته على الاستئناس بالحكمة والركون إلى المنطق العلمي وكان كثيراً

مـا يؤخر أحكامه ويتأنى باستنتاجاته حتى يُشبع موضوعه بحثاً ويُقلبه درساً – وقد كان عبارة عن ذهن يقظ مفكر، بلغ استعداده لقبول كل ما هو جديد من أفكار وآراء درجة تقرب من العجب....

ذكر (ميشيل كيولن – Micheal Guillen) مقدار ما ساهم به (فراداي) في مساعدتنا على فهم العالم من حولنا ما يلي: مقتبساً من كتابه الرائع (المعادلات الخمسة التي غيرت وجه العالم).

((لقد تمكن (فراداي) بمعية (اورستد – Orsted) من إثبات حقيقة توليد الكهربائية من المغناطيسية وتوليد المغناطيسية من الكهربائية وأكدا علاقة (النسب) بينهما بقوة وتبادلية إلى الدرجة والعمق التي لا تكاد معها أن تدركها أي علاقة مثلها في الطبيعة....

لقد كشف ابن العامل البسيط اللثام، وخط بيده كلمات سر لعله من أعظم أسرار الدنيا، إن لم يكون أعظمها على الاطلاق. ذلك السر الجميل الذي جلب بنشره نهاية عصر قوة البخار و(الثورة الصناعية) ووضع بقوته أقدام العالم على أعتاب [الثورة الكهربائية])).

وختاماً لهذه الجولة الممتعة بين سطور وتفاصيل وإنجازات حياة هذا العبقري وبعد تقليب صفحات حياته، إليك ما كتبه محرروا (دوفر – Dover Editors) كمقدمة للكتاب الرائع الـذي ألفه (فراداي) بنفسه، بعنوان (التاريـخ الكيميائي لشمعة) والتي عكست، بل نحتت عبارات احترام ووفاء له ستبقى خالدة على مدى الأدهر والأحقاب، وقد جاء فيها:

((لا مراء بتربع (فراداي) على عرش منصب أعظم فيزيائيي القرن التاسع عشر على الإطلاق وحيازته على لقب أعظم الباحثين التجريبيين في عالم الفيزياء بلا منازع. لقد انتمى إلى الطبقة العليا من نخبة نخب فطاحل فيزياء العالم عبر العصور بلا منازع، وهي ذات الطبقة التي ضمّت وبكل فخر واعتزاز أكابر وعظماء من أمثال (ارخميدس – Archimedes) و (غاليليو – Galileo) و (نيوتن – Newton) و (لافوازيه – Lavoisier) و(داروين – Darwin).

ذكر اينشتين – وباعتزاز – أن تاريخ العلوم الفيزيائية – على سعته ورحابته – لم يُنجب إلا زوجين اثنين من قمم أساطين العلم: (غاليليو ونيوتن) من جهة و (فراداي ومكسويل) من جهة ثانية... برأيي، لابد وأن يُبجّل (فراداي) بصورة تفوق، بل هو

بالحقيقة أفضل بكثير من (غاليليو) نفسه)).

علينـــا ألا ننســـى – ونحن نمر عبر سيرة حيـــاة هذا العالم الفذ (فـــراداي) – أنه لم يكن خطيباً مفوها ولا كاتباً بارعاً، بل بالعكس، فإنه لم يتمكن من التعبير عن آرائه وأفكاره إلا بلغة إنكليزية بسيطة، ولم يكن يوماً رياضياً بارعاً. ولعل ذاك كان السبب وراء تأكيده المرة تلو الأخرى بأنه لا ينـوي الكتابة بالأسلوب العلمي المعقد رفيع المستوى، وإنما قصده أن يبلغ مدارك وفهم الناس البسطاء (مثله!!) من حوله. ولكن بساطته في تعبيره لم تمنعه من التفصيل في أفكاره وتعميقها إلى الدرجة التي دفعت العالم (مكسويل – Maxwell) وبعد ثلاثين عاماً إلى الاستناد على... والرجوع لاكتشافاته الفريدة والتشرف بالاعتراف بذلك حين نشر بحثه المميز العريق (نظرية ثورية في واقع الحقل الكهرومغناطيسي)، والذي توصل فيه إلى إعادة صياغة اللغة الإنكليزية البسيطة التي وصفت قوانين الكهرومغناطيسية إلى اللغة الرياضية السامقة من نوع:

$$\boxed{\nabla \times \mathbf{E} = \frac{-\partial \mathbf{B}}{\partial t}}$$

[لديّ نظرية تقول (بأنه لا يوجد علم صعب وإنما يوجد مفسر سيئ][1]وعليه فإن ما تحاول المعادلـــة الغريبة أعلاه أن تقولـــه لنا هو – وببساطة – إن مقدار الكهربائية المتولدة ($\nabla \times \mathbf{E}$) ومقدار معدل التغيير في الحقـــل المغناطيسي ($-\partial \mathbf{B}/\partial t$) هما قيمتان متساويتان. وعليه فلن تتولـــد أية كهربائية إذا لم يحـــدث تغيراً في الحقل المغناطيسي. لقد تمكن (مكسويل) من كتابة معادلات مشابهة لكل من (قانـــوني كاوس للكهربائية والمغناطيسية–Gauss's Laws of Electricity and Magnetism)، و(لقانـــون امبـــير للدوائـــر الكهرومغناطيســـة – Ampere's Circuital Law of Electro magnetism) هـــي معادلاتـــه الشهيرة الأربـــع التـــي تمكنت مـــن تفسير كامل تصرف حقلي الكهربائيـــة والمغناطيسية. ولشيء من التوضيح نقول إن معادلاته تلك، قد مثلن أفضل طريقة لبيان كيفية تكوين الحقول الكهربائية بواسطـــة شحناتها، كما بينـــت حقيقة استحالة وجود ما يسمـــى (بالشحنات المغناطيسية –

(1) المترجم.

(Magnetic Charges)، كما بيّن كيفية توليد التيارات الكهربائية للحقول المغناطيسية وكيفية تكوين الحقول الكهربائية بتأثير تغيُّر الحقول المغناطيسية. أما اليوم فإحدى الطرق التي يمكن بواسطتها التعبير عن معادلات (مكسويل) الشهيرة الأربع فهي بالطريقة التالية:

- وهو قانون (كاوس) للكهربائية $\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho/\varepsilon_0$
- وهو قانون (كاوس) للمغناطيسية (ويعني استحالة وجود أقطاب مفردة مغناطيسية) $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$
- قانون (فرادي) للحث $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$
- قانون (امبير) مع إضافة (مكسويل) $\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$

ولتفسير الرموز الواردة في المعادلات أعلاه نقول: **تمثل الحروف الصلبة كمّيات اتجاهية.**

وتمثل $\mathbf{E}$ – الحقل الكهربائي بوحدات (الفولت/متر).

و $\mathbf{H}$ – الحقل المغناطيسي بوحدات (الامبير/متر).

و $\mathbf{D}$ – كثافة الفيض الكهربائي بوحدات (كولوم/متر تربيع).

و $\mathbf{B}$ – كثافة الفيض المغناطيسي بوحدات (التسلا أو الويبر/المتر المربع).

و ρ – كثافة الشحنة الكهربائية الحرة بوحدات(كولوم/متر تكعيب).

و ε_0 – مطاوعة الفضاء الحر (Permitivity of Free Space).

و $\mathbf{J}$ – كثافة التيار الحر بوحدات (أمبير/متر تربيع).

و ∇ – معامل التشتت (للمتر الواحد) – (The Divergence Operator).

و $\nabla \times$ – معامل اللف (للمتر الواحد) – (The Curl Operator)

يقيس **(معامل التشتت)** مقدار ميل حقل اتجاهي للاشعاع من... أو التجمع في... نقطة معينة.

ويقيس **(معامل اللّف)** مقدار الدوران الاتجاهي لأي حقل.

قيّم (روبرت ب. كريز – Robert P. Crease) جمال وأهمية معادلات (مكسويل)

آنفة الذكر في كتابه المعنون (أعظم المعادلات على الإطلاق) بقوله:

((تجمع معادلات (مكسويل) حقيقتي البساطة السلسة في التعبير من جهة، والجرأة المطلقة في إدراك تصورنا للكون وتوحيد ظاهرتي الكهربائية والمغناطيسية إضافة إلى ربطهما بالجغرافية والتضاريس والفيزياء من جهة ثانية. لقد أثبتت أهميتها الفائقة. كطليعة (لمعادلات المجال - Field Equations) ليس فقط بفتحها لعيون العلماء على منحى جديد لعلم الفيزياء وإنما بأخذها إياهم بثبات ليخطوا الخطوات الأولية نحو: فكرة توحيد قوى الكون الأساسية)).

أجرى (كريز - Crease) في عام (2004) استفتاءً علمياً عاماً سأل فيه علماء الفيزياء حول العالم حول مرشحهم الأثير لمنصب (أفضل وأعظم المعادلات وعلى مر التاريخ)، فربحت معادلات مكسويل، وحسب فرز قائمة المصوتين ذلك التقدير.

عبّر (توني واتكنز - Tony Watkins)، وكان أحد المشاركين في ذلك التصويت عن رأيه باختيار مجموعة معادلات (مكسويل) لذلك المنصب الرفيع المرموق بين معادلات الفيزياء عبر التاريخ بقوله:

((لا أزال أذكر بوضوح تام واعتزازٍ كبير تاريخ أول يوم رأيت معادلات (مكسويل) فيه وقمت بدراستها ضمن مقرر (المتجهات) في الجامعة. لقد هالني ما أقدمت تلك المعادلات على شرحه وبيانه وكمية المعرفة الهائلة التي اكتنزتها.... لقد أدركت حينها (ولأول مرة في حياتي) ما يعنيه المتكلمون والعلماء حول جمال الرياضيات ورشاقتها في الإفصاح عن مكنونات علم الفيزياء. لقد اهتز كياني بأكمله لقوتهن وصُعقت بفحواهن. لقد كان ذلك اليوم وذلك اللقاء بتلك المعادلات منعطفاً جذرياً في حياتي العملية والمهنية منذ تخرجي من الكلية ولحد هذا اليوم، ببساطة لقد فجّرت أربعة سطور قصيرة من رموز بسيطة كل الحب فيّ للرياضيات وكامل الولع لديّ بالفيزياء)).

هذا وقد خلّد (ريجارد فينمن - Richard Feynman) أهمية معادلات (مكسويل) في كتابه (محاضرات فينمن في الفيزياء) حين قال:

((إذا ما راجعنا كافة إنجازات الكائن البشري عبر الزمن - ولفترة طويلة جداً، دعنا نعتبرها العشرة آلاف سنة الماضية - فلن يتطرق إلينا الشك أبداً ولن نتردد مطلقاً باعتبار معادلات (مكسويل) في الديناميكا الكهربائية كأعظم وأسمى حدث منذ ذلك التاريخ وحتى اليوم من ناحية، ولكونها الحدث الأعظم على الإطلاق خلال القرن التاسع عشر من ناحية ثانية... ستتلاشى وتذوي أهمية أحداث عظام بمستوى الحرب الأهلية الأمريكية إذا ما قورنت بالأهمية العلمية والإنجاز البشري الهائل المتمثل بتلك المعادلات)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Bueche, Frederick, *Introduction to Physics for Scientists and Engineers* (New York: McGraw-Hill, 1975): provides information on the betatron.

Cantor, Geoffrey N., David Gooding, and Frank James, *Michael Faraday* (Amherst, N.Y.: Humanity Books, 1996).

Crease, Robert P., "The Greatest Equations Ever," *Physics World*, October 2004; see http://physicsweb.org/articles/world/17/10/2/1.

Faraday, Michael, *The Chemical History of a Candle* (New York: Courier Dover Publications, 2003).

Faraday, Michael, "On the Induction of Electric Currents," *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 122: 125-162, 1832.

Feynman, Richard, *The Feynman Lectures on Physics*, volume 2 (Boston: Addison Wesley Longman, 1970)

Gladstone, John Hall, *Michael Faraday* (New York: Harper & Brothers, 1872)

Gooding, David, "Envisioning Explanations the Art in Science," *Interdisciplinary Science Reviews*, 29: 278 294, 2004.

Gooding, David, "From Phenomenology to Field Theory: Faraday's Visual Reasoning," *Perspectives on Science*, 14(1): 40 65, 2006.

Gooding, David, "Michael Faraday, 1791-1867: Artisan of Ideas," University of Bath; see www.bath.ac.uk/~hssdcg/Michael_Faraday.html.

Gooding, David, "New Light on an Electric Hero," *Times Higher Education Supplement*, July 26, 1991, p. 17.

Guillen, Michael, *Five Equations That Changed the World* (New York: Hyperion, 1995).

Hamilton, James, *Life of Discovery: Michael Faraday, Giant of the Scientific Revolution* (New York: Random House, 2004).

Hirshfeld, Alan, *The Electric Life of Michael Faraday* (New York: Walker & Company, 2006).

James, Frank, *The Correspondence of Michael Faraday* (Herts, U.K.: Institute of Electrical Engineers, 1991).

Jones, Bence. *The Life and Letters of Faraday* (Philadelphia: J. B. Lippincott and Co., 1870).

Ludwig, Charles. *Michael Faraday: Father of Electronics* (Scottdale, Pennsylvania: Herald Press, 1978).

Morus, Iwan. *Michael Faraday and the Electrical Century* (Eastbourne, U.K.: Gardners Books, 2004).

O'Connor, John J., and Edmund F. Robertson. "Michael Faraday: 1791-1867." in *MacTutor History of Mathematics Archive*. School of Mathematics and Statistics, University of St. Andrews, Scotland: see www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/history/Mathematicians/Faraday.html.

Thompson, Silvanus Phillips. *Michael Faraday His Life and Work* (London: Cassell & Company, 1901).

Tyndall, John. *Faraday as a Discoverer* (New York: D. Appleton and Company 1868).

Tweney, Ryan, and David Gooding. *Michael Faraday's "Chemical Notes, Hints, Suggestions and Objects of Pursuit" of 1822* (Herts, U.K.: Peter Peregrinus, Ltd., 1991).

West, Thomas. *In the Mind's Eye: Visual Thinkers, Gifted People with Learning Difficulties, Computer Images, and the Ironies of Creativity* (Amherst, New York: Prometheus Books, 1991).

Williams, L. Pearce. "Michael Faraday." in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• كلما تعمقنا بالعلوم وتمكنا من معارفها، كلما اتضحت أمامنا إشكاليات الكون وعجائبه، وازداد يقيننا بأنها كلها قد انضـوت تحت راية مجموعة واحدة من القوانين الرشـيقة الفريدة والتي جمعت ما بين البسـاطة المُيسّرة وبين الشمولية الكاملة. يعتمد بعضها على بعض ويتداخل بعضها ببعض بأسلوب مقنن ودقيق غاية في الحبكة والتنظيم مما يدلك – وبلا شك – إلى (العقل الفريد) الذي يُحركها جميعاً.

براون

Olympia Brown (1835-1900), U.S.Minister (first woman ordained in (U.S.), Sermon, c. January 13, 1895, Mukwonage, Wisconsin.

مقتطف من كتابها (أول امرأة نُصِّبت كوزيرة في الولايات المتحدة الأمريكية).

• لم تـألُ العلـوم جهداً في محاولاتها لرسـم الكون بصـورة أقرب ما يمكـن أن تكون لحقيقته وطبيعته ذاتهـا، بـلا أدنى اعتراض أو مضـاددة من فلسـفة ودون أقل تدخـل أو حكم مسـبق من دين...يُشـبّه،

(بل يعتقد) البعض إن عملية البحث عن (الحقيقة) العلمية ما هي في الحقيقة إلا عملية بحث عن (الحقيقة الثابتة الأزلية) من بين شذرات الملاحظات المتضاربة وكميات المعرفة المتداخلة التي توصلها إلى إدراكنا مجمل حواسنا القاصرة. هم يعتقدون - وأشاطرهم رأيهم - بأن نهاية ذلك السباق غير المتكافئ وذروة النجاح الذي يمكن للإنسان أن يحققه فيه هو باقتناص (أحد قوانين الكون والطبيعة) والذي سيُمثل قبس النور الذي سيُنظم ويهدي كافة التغيرات والمتضاربات التي تُشعرنا بها حواسنا - بينما يظل هو صامداً ثابتاً بلا تغيير.

سمولن

Lee Smolin، (Never Say Always)، New Scientist September 23، 2006

مقتطف من مقالته (لا تقل دائماً أبداً!).

• كإنسان محافظ وعالم جامح... لا أعتقد أبداً أني سأجد أيّ حرج في تقسيم الفيزياء وعلمها المترامي من النظريات والآراء إلى عالمين؛ كبير وصغير، لقد عشنا بوئام وسلام وشعرنا بمنتهى السعادة، على الأقل لفترة الثمانين سنة المنصرمة بالاعتراف والتعامل مع مجموعتين منفصلتين من النظريات، الأولى رتبت لنا عالمنا الكبير من نجوم وكواكب والثانية أفهمتنا [(عالم الكميم - The Quantum World) - أو الكم إن شئت] بما فيه من ذرات والكترونات.

دايسون

Freeman Dyson، (The World on a String)، New York Review of Books، Mqy 13، 2004.

مقتطف من كتابه (تأرجح العالم على حبل).

• لا تدين الفيزياء بالمسيحية - رغم اختراعها من قبل المسيحيين - ولا يدين الجبر بالإسلام - رغم ابتكاره من قبل المسلمين، نشعر - نحن العلماء - أنه وبوقوعنا على أي (جزء) من الحقيقة مهما يكن وأينما وجد، بأننا قد تجاوزنا بل وطورنا حضارتنا نحو الأفضل وتخطينا ما جُبلنا عليه (من إحساس قاصر وملكات محدودة). وإن لفي الفكر المنظم الحر، وفي تبادل الآراء والحوار يكمن سر تفوقنا على بدائية الجنس البشري بكل قصوره ومثالبه.

هارس

Sam Harris، (The God Debate)، Newsweek، April 9، 2007.

مقتطف من كتابه (النقاش المقدس).

قانونا كاوس للكهربائية والمغناطيسية

GAUSS'S LAWS OF ELECTRICITY AND MAGNETISM

π ألمانيا، 1835:

يتناسب مقدار الفيض الكهربائي عبر أي مساحة مغلقة مع صافي الشحنة الكهربائية التي يمكن لتلك المساحة استيعابها. تبلغ قيمة أي مقدار من الفيض المغناطيسي عبر المساحات المغلقة صفراً.

محاور ذوات علاقـة:

قانون (فراداي) للحث الكهربائي وقانونه للتحليل الكهربائي – (FARADAY'S LAWS OF INDUCTION AND ELECTROLYSIS)، و(قانون بود للمسافات الفاصلة بين الكواكب – BODE'S LAW OF PLANETARY DISTANCES)، وقانونا كرشهوف للدوائر الكهربائية والإشعاع الحراري (KIRCHHOFF'S ELECTRI CAL CIRCUIT AND THERMAL RADIATION LAWS).

من أحداث عام 1835:

– أعلنت (تكساس) حق انفصالها عن (المكسيك).

– سُجِّلت أول محاولة لاغتيال رئيس للولايات المتحدة الأمريكية.

– سجلت تلك المحاولة ضد حياة الرئيس الأمريكي السابع للولايات المتحدة (اندرو جاكسن – Andrew Jackson)، عندما كان يزور العاصمة، وقد باءت بالفشل.

– وُلد الكاتب الأمريكي الشهير (مارك توين – Mark Twain)[1].

– تمت إزالة كتاب (كوبرنيكوس – Copernicus) الخالد حول دوران الأرض حول الشمس والمعنون (دوران الأرض في مدارها – De Revolutionionibus Orbium Coelestium) من القائمة (الكنيسة الكاثوليكية – Catholic Church) السوداء

(1) صاحب قصة فتى المغامرات الشهير (توم سوير – Tom Sawyer) وغيرها. (المترجم).

للكتب المحظور قراءتها وتداولها.

وتحتوي تلك القائمة الفهرسة الكاملة لكافة الكتب التي اعتقدت الكنيسة الكاثوليكية بهرطقتها وتشكيلها لخطر حقيقي على الديانة والمعتقد المسيحي.

نص وشرح قانون كاوس للكهربائية:

لعله من المناسب جدا، وقبل الدخول في تفاصيل (**قانون كاوس للكهربائية**) أن نراجع ونعرف الحدود والمتغيرات الأساسية فيه مثل:

مقدار فيض الحقل الكهربائي [يعبر رياضياً عنه بالرمز Φ]؛ ويقاس بعدد خطوط القوى التي تخترق مستوى وهمياً يقطع ذلك الحقل أو جزءًا منه. ويمكن لهذا المستوى أو السطح أن يكون مفتوحاً – كمساحة اعتيادية ببعدين، أو أن يكون مغلقاً كالكرة وفي هذا الحالة سيُكتب الفيض كقيمة موجبة إذا ما أشارت خطوط قوته واتجهت خارجها على الدوام. وسيكتب كقيمة سالبة إذا ما أشارت خطوط قوة فيض الحقل الكهربائي إلى داخل الجسم (الكرة)، ولقد سبق مناقشة ما يعنيه مفهوم (الفيض – Flux) في مدخل (قانونا فراداي للحث والتحليل الكهربائيان – Faraday's laws of Induction and Electrolysis) آنفاً[1].

ولإزالة الصبغة (النظرية – Theoretical) الضافية على مفهوم (الفيض – Flux). دعنا نناقش هذا المفهوم بطريقة تكسبه معنى ماديا ملموساً ومحسوساً؛ تصور حصولك على (حوض سمك – Aquarium) بحجم مناسب كهدية من أحد أصدقائك، وفيه العديد من المضخات لتدوير مائه، وتصور كذلك إدخالك لشبكة قنص الأسماك إليه... والآن فإن كمية المياه التي تعبر خلال تلك الشبكة في لحظة زمن معينة – من حيث التشبيه البدائي المجرد – (فيض) ذلك الماء خلالها، ومن السهل تصور زيادة تلك الكمية المارة عبرها كلما قرّبناها من إحدى المضخات العديدة الموجودة في الحوض، لزيادة سرعة الماء المتدفق خلالها،

(1) راجع صفحة (553) من هذا الكتاب رجاءً. (المترجم).

فتقول إن مقدار (الفيض) المار خلال الشبكة قد ازداد. والآن إذا ما ضاعفنا حجم الشبكة فمن السهل أيضاً تصور زيادة مقدار (الفيض) المائي المار خلالها حتى لو احتفظنا بسرعة الماء ثابتة بلا تغيير أو زيادة، لأن حجمها ببساطة قد ازداد.

والآن لك أن تتصور شحنة كهربائية (موجبة) محاطة بسطح مغلق كأن تكون محاطة ببالون مطاطي (وردي) اللون جميل، وهي طافية داخله، سيكون (الفيض) المتولد عنها (موجبا) لأن خطوط قوته موجبة بفعل انبعاثها من الشحنة الموجبة إلى الخارج. وبنفس المنطق، إذا ما أحاط سطح كروي بشحنة سالبة طافية داخله، فإن خطوط فيضه ستتجه إلى داخله لأن خطوط الشحنة السالبة ستتجه بطبيعتها إلى الداخل...

وعليه، يوفر لنا (**قانون كاوس**) العلاقة الرياضية المناسبة التي تحكم علاقة (الفيض – Φ Flux) المار إلى خارج مستوى مغلق مع الشحنة الكهربائية المكنونة داخله، وكما يلي:

$$\Phi = \oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{1}{\varepsilon_0} \int_V \rho \cdot dV = \frac{q_A}{\varepsilon_0}.$$

حيث **E** تمثل – الحقل الكهربائي المتجه

وكل **dA** – يمثل تفاضل المساحة المقترنة مع كل جزء معين من السطح. (وبإمكانك تصور كافة متجهات هذه القيمة كحُزم متجهه نحو الخارج) شأنها شأن حزم الأشواك على ظهر (الدعلج – Procupine) وهو من القوارض.

و q_A – مقدار الشحنة المحصورة بالمساحة.

وρ – مقدار كثافة الشحنة في إحدى نقاط فراغ الحجم (V).

و ε_0 – مقدار مطاوعة الفضاء الحر (Permittivity of Free Space) ويساوي: [8.8541878176× (10 مرفوعة للقوة السالبة الثانية عشرة] بوحدات الفاراد لكل متر.

و $\oint_S$ – إشارة التكامل للمساحة S والتي تحتوي الحجم V.

أما الدائرة الصغيرة عليها فتعنى أن مساحة التكامل عبارة عن سطح مغلق (كالكرة مثلا). وفيما عدا تخصيص نوع السطح المعرض لنوع [الفيض Flux Φ] الكهربائي (كرة أو

مسطح)، فلا يختلف المعنى الرياضي لها عما هو متعارف عليه لدى الفيزيائيين.

وبعيدا عن المعنى العميق – والمربك أحياناً – للمعادلة الرياضية المعقدة السابقة، ففي تفسيرها باللغة الاعتيادية الكثير من التوضيح الوافي عن الشرح، فهي ببساطة تدلنا على نقاط أو مبادئ ست هي:–

أولا: يُساوي مجمل مقدار الفيض الكهربائي الناتج عن مساحة سطح مغلق معين – حاصل قسمة – مقدار الشحنة الكهربائية الصافية المحتواة بواسطة ذلك السطح على مقدار (مطاوعته – Permittivity).

ثانيا: وإذا لم يحتو ذلك السطح أو يضم أية شحنة: [وكما في الحالة التي تساوي فيها (q) صفراً] فمن الطبيعي أن نتوقع قيمة صفرية لمقدار الفيض الكهربائي ($O = \Phi$).

ثالثا: يؤكد القانون على وجوب كون مقدار الشحنة (q) خالصاً... بمعنى ضرورة أخذ المجموع الجبري لكافة الشحنات المتواجدة (وسيساوي الفيض صفراً إذا ما تواجدت شحنتان في نطاق ذات الفراغ، وكانتا متساويتين في المقدار ومتعاكستين في العلامة في ذات نطاق الحيز الفراغي لحسابه).

رابعاً: تُحسب قيمة الشحنة الخالصة داخل نطاق السطح المعلوم (q) ولا أهمية ولا تأثير ولا اعتبار لأي شحنة خارجه.

خامساً: إذا ما كان السطح الحاوي على الشحنة (q) الكهربائية المعلومة كروياً كامل الانتظام فلن يؤثر موقعها مهما كان داخله على قيمتها.

سادساً: تبرز أهمية (قانون كاوس للكهربائية) بمقدرته على حساب مقادير الحقول الكهربائية المولدة من توزع منظم للشحنات المحدثة لها.

لقد أيقن الكثير من الفيزيائيين والعلماء واعترفوا بعظمة **(قانون كاوس للكهربائية)** لأنه وببساطة متناهية وأسلوب رياضي رشيق أخاذ، يصف لك ويتنبأ بمقدار قيمة **(الفيض الكهربائي)** المتولد داخل سطح مغلق بدقة عالية بربط تناسبه فقط مع خالص مقدار الشحنة المحتواة فيه، بغض النظر عن أي تشوهات أو عدم انتظام تعاني منها خطوط الفيض وبدون أدنى اعتبار لشكل أو انتظام أو تشوه ذلك السطح.

ومن المفيد أن نعلم أنه لم يتم نشر **(قانون كاوس)** ذاك إلا بعد مرور ما يقارب (32) عاماً على وضعه من قبل مبتكره في عام (1835).

نص وشرح قانون كاوس للمغناطيسية:

يعتبر (قانون كاوس للمغناطيسية) من القوانين الأساسية للموضوع، وهو عبارة عن الأسلوب العلمي المختصر الجامع للإقرار **باستحالة وجود قطب مغناطيسي منفرد.**

وبالإمكان صياغة هذه المعلومة المهمة رياضياً على الشكل التالي:

$$\Phi_B = \oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

يؤكد هذا القانون على أن مقدار الفيض المغناطيسي الخالص (Φ_B) عبر أي مساحة مغلقة، لابد وأن يساوي صفراً،بمعنى، أنه في كافة حالات المغانيط ثنائية الأقطاب، فإن مقدار الفيض المغناطيسي الموجه داخليا باتجاه القطب الجنوبي لابد وأن يساوي مقدار الفيض المغناطيسي الموجه خارجيا باتجاه القطب الشمالي، وعليه فإن مقدار (الفيض – Flux) المغناطيسي الصافي لابد وأن يساوي صفراً للمغانيط ثنائية الأقطاب دائماً.

والآن إذا ما افترضنا وجود مصدر مغناطيسي أحادي القطب، فإن هذه الحالة ستستوجب وجود حالة مغناطيسية صافية لا صفرية، وعليه ينص قانوننا هذا على **استحالة وجود الأقطاب المغناطيسية الأحادية.** ومن المفيد التذكير بأن مثل هذا الاطلاق لا يصح في حالة الشحنات الكهربائية المستقرة (الستاتيكية – Electrostatics)، لأنه وببساطة يمكن للشحنات المفردة أن تكون وتوجد!!. ولقد اعتبرت حقيقة وجود الأحادية القطبية للكهربائية وانعدامها بالنسبة للمغناطيسية – معضلة ومتناقضة – قائمة بذاتها وفريدة من نوعها. ولقد ظل العلماء والباحثون، ومنذ أوائل القرن التاسع عشر في تساؤل ودهشة مطبقتين، وهم حيارى تائهون عن التفسير الحقيقي لواقع إمكانية وجود الشحنات المفردة، السالبة، والموجبة بالنسبة للكهربائية واستحالة وجود الأقطاب المفردة الشمالي أو الجنوبي بالنسبة للمغناطيسية!!

لقد كان عالم الفيزياء النظرية الإنكليزي [بول ديراك Paul Dirac (1902–1984)] من أوائل الذين لم يقتنعوا باستحالة وجود الأقطاب المغناطيسية المفردة إلى الدرجة التي بادر معها في عام (1931) إلى استنباط النظرية القائلة بوجودها. لقد دأب العلماء والباحثون –

ومنذ ذلك الحين - على محاولة ايجاد القطب المغناطيسي المفرد، ولكن عبر السنين ولحد اليوم لم يفلحوا بسعيهم ذاك لفصل أحد القطبين (الشمالي أو الجنوبي) عن ملازمة القطب الآخر (الجنوبي أو الشمالي)، ومن الطريف تذكيرك - عزيزي القارئ - بأنه وحتى حين محاولتك قطع المغناطيس الاعتيادي الحاوي على قطبين (شمالي وجنوبي) إلى قطعتين، فستحتفظ كل منهما بقطبيها الشمالي والجنوبي، بعبارة أخرى فإن قطع، وفصل قطب عن آخر (من قطعة مغناطيس واحدة) لا يمكننا من الحصول على قطعتي مغناطيس أحادية القطب أبداً وإنما ينتج قطعتي مغناطيس بقطبين لكل منهما.

بتقدم الفيزياء النظرية وبظهور الفرضيات الجديدة وشروعها لتفسيرها (ابتداءً بوجود الكون)، وعلى طريق توحيد (القوى الكهربائية الضعيفة - Electroweak) مع (القوى الكهربائية الجسيمة - Electrostrong)، صار التفكير، وتوقع وجود الأقطاب الأحادية من قبل العلماء (أكثر واقعية!؟؟) خصوصاً عند مناقشة واقع حال فيزياء الجزيئات ما دون الذرية. ولكن هذا الوجود النظري للأقطاب الأحادية سيستوجب الصعوبة المتناهية لتحقيق (أو للتحقق من) وجودها فعليا، حتى باستعمال المعجلات العملاقة بسبب توقع احتوائها على كمية هائلة من الكتلة والطاقة تقارب حدود [10 - العشرة مرفوعة للقوة السادسة عشرة - من بليونات وحدة الإلكترون - فولت (10^{16}GeV)].

للفضوليين فقط:

• تُقاس قيمة (الحث المغناطيسي - Magnetic Induction) وهو المصطلح المقابل (لكثافة فيضه - Flux Density) بوحدة (الكاوس - Gauss Units) تقديراً لأعماله الفذة وتثميناً لجهوده العظيمة في حقل المغناطيسية، وتساوي وحدة الكاوس الواحد - وحدة ماكسويل واحدة (One Maxwell Unit) لكل سنتيمتر مربع واحد.

• لقد امتاز (كاوس) بسريته الغريبة تجاه أعماله ودأبه الدائم على إخفائه إياها، وعدم رغبته في الإفصاح عنها أبداً!!... لقد انتقد مؤرخ علوم الرياضيات (ارك تمبل بل - Eric

Temple Bell) كاوس في منحــاه ذاك، بتأكيده مسؤوليته الكاملة عن تأخير تقدم علوم الرياضيات الصرفة لما لا يقل عن الخمسين عاماً. ويؤكد (بل – Bell) بناء على ذلك بأنه كان يُمكننــا التعرف على – معجــزات رياضية – لا يسعنا اليوم إدراكها لــو كان (كاوس) قد قام بالفعل بنشر أعماله في حينها.

• حرصت حكومة ألمانيا الاتحادية على تخليد ذكرى هذا العالم الجليل بطبع صورته على عُملتها الورقية من فئة العشر مــاركات خلال تسعينيات القرن الماضي (1990s)، مشفوعة بمنحنى التوزيع الطبيعي (Normal Distribution) والذي يسمى باسمه أيضاً (كتوزيع كاوس الطبيعي – Gaussion Distribution).

• لقــد دأب (كاوس) وشــدد على منع طلابه مــن أخذ أو كتابــة أي ملاحظات خلال محاضراتــه (حرصاً منه على تركيــز اهتمامهم وانتباههم على ما يقوله هــو لهم). درس على يده وتخرج من معهده العديد من فطاحل وعظماء الرياضيين في العالم من أمثال [جورج ريمن George Riemann (1826–1866)].[1]

• لقد كان (كاوس – Gauss) رجلا دقيقاً بكل معنى الكلمة، يعشق التفاصيل ويُقدسها. لدرجــة أنه احتفظ بكُتيب مذكرات لــه سجل فيه كل مشاهداتــه وملاحظاته بما فيها تاريخ وكيفية كسر أحد أولاده لسن من أسنانه أثناء لعبه وشغبه يوماً!!

أقوال مأثورة:

– لا يسعك اليوم أن تجد أي فكرة رياضية ولا منطلق ولا مبدأ علمي رياضي أصيل – وفي خلال كامل هذا القرن – التاسع عشر – إلا وقد كان لـ(كاوس) هذا شأن به، فحُملوا وسموا جميعاً باسمه.

كرونيكر

L. Kronecker، Zahlentheori

مقتطف من كتابه (في نظرية الأرقام).

(1) من عباقرة الرياضيين الألمان الذين وضعوا إسهاماتهم الخالدة إلى الأسس التحليلية في الرياضيات وفي الهندسة التفاضلية والتي ساهمت بدورها في دفع وإيجاد وتطور النظرية العامة في النسبية. (المترجم).

– أوشك الجميع أن يعيب على (كاوس) ميله الشديد للانعزال بنفسه وبأفكاره منذ فترة طفولته المبكرة، فقد كان فهمهم لواقع حاله صعباً جداً، وبالأخص حرصه غير الطبيعي وأسلوبه (الشاذ) للاحتفاظ بكافة أفكاره لنفسه وعدم إطلاع أحد عليها... لقد امتاز ذهنه بقابلية فذة على توليد سيول الأفكار وفيض الابتكارات وبزخم شديد جداً منعه منعاً من إمكانية تطوير أو سبر غور أي منها... لم يمثل ما قام (كاوس) بنشره فعلا من آرائه وأفكاره تلك إلا ما لا يكاد يتجاوز نصفها، وحتى ذلك النصف كان قد صيغ بعبارات غامضة مقتضبة جامدة مختصرة حدّت وإلى أدنى الحدود إمكانية انتشارها بين قُرائه والمعجبين به.

ماي

Kenneth O. May، (Carl Gauss)، in Dictionary of Scientific Biography-

مقتطف مما كتبه في مدخل (كارل كاوس) في (معجم سير العلماء الذاتية).

– إن لسحر وعظمة هذا العلم النبيل (يقصد الرياضيات العالية التي استخدمها في طرح أفكاره وتأكيد آرائه) من المنزلة السامية والفنون المكنونة مالا تُفصح عن نفسها إلا لذوي الشجاعة والجرأة والحنكة، وإلا لمن تحلّى بالإقدام والجسارة لتخطي عقبات الغور فيها والاستمتاع بما تكتنزه أعماقها. ولكن إذا ما تمكنت أي امرأة – وكلنا يعلم ما يفرضه عليها جنسها وطبيعتها وحتى مجتمعها وزملاء عملها من أعباء لا تحصى وعقبات لا تُمحى، لا تقارن أبداً بما يُفرض على الرجل – (وبرغم كل ما سبق) – إن استطاعت تحمل الأعباء وتخطي العقبات، فإنها حينئذ ستكون – وبلا أدنى شك – قد أثبتت جدارتها وبينت شجاعتها، بل وحتى أفصحت جليا عن عبقريتها اللامعة ومهاراتها الخارقة، في هذا المجال، فستستحق حينئذ كل الاحترام وأسمى التبجيل.

كاوس

Carl Gauss، 1807 letter to Sophie Germain

من رسالة له إلى (صوفي جرمن)[1]

(1) [ماري – صوفي جرمين Marie – Sophie Germain (1776-1831)] رياضية وفيزيائية وفيلسوفة فرنسية لامعة، تمكنت من تثقيف نفسها بنفسها وإنماء عبقريتها من خلال نهل العلوم من مكتبة والدها العامرة، رغم ما لاقته ←

– إني لعلى يقين بقصور الإدراك والتصور البشري عن توضيح وتفسير عمق الحقائق الهندسية الوضعية فضلا عن استيعاب وتحليل خفايا الحقائق الهندسية الكونية، على الأقل بمستوى الذكاء البشري الاعتيادي... لبيانه لذكاء بشري اعتيادي آخر. ولا أدري ما إذا سيكون في مقدورنا – وفي وقت ما في المستقبل البعيد – من أن نمتلك ناصية فهم مثل ذلك الإدراك العميق الخلاق. وإلى أن يحل ذلك الحين ما علينا إلا اعتبار الهندسة كنظام ميكانيكي تركيبي، لا أن نعتبرها نظاماً فكرياً تحليلياً سامقاً كالرياضيات.

كاوس

Carl Gauss، letter to Heinrich olbers، 1817

من رسالة له إلى (هنريخ اولبرز)(1)

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

[كارل فردريخ كاوس (1855–1777) Carl Friedrich Gauss] رياضي وعالم ألماني يُعتبر من خير من أنجبتهم البشرية من عُظماء الرياضيين على الإطلاق ومن خير من وطئت قدماه ثرى أرضها. اشتهر بمساهماته في العديد من حقول الرياضيات وعلوم الفلك والكهرومغناطيسية، كما كانت له مشاركاته المرموقة أيضاً في دراسة وتطوير علوم البصريات، ونظرية الأرقام، والتحليل وهندسة التفاضل وعلوم الأرض – Geodesy (التي تشمل فيما تشمل دراسة حقولها المغناطيسية والفعاليات الأرضية كتحرك قشرتها وتصرف

← من مصاعب واعتراضات من والديها والمجتمع بسبب جنسها. احتلت مركز الصدارة من بين العاملين على (نظرية المرونة – Elasticity Theory) وكان لها الكثير من المراسلات العلمية مع فطاحل تلك الحقبة من أمثال (لكرانك – Lagrange) و (لكندر – Legendre) و (كاوس – Gauss). ربحت الجائزة الكبرى للأكاديمية الباريسية للعلوم لبحوثها حول نظرية المرونة، وكان لأعمالها وأبحاثها، وبالأخص على نظرية (فرمات لاست – Fermat Last) الرياضية التأثير البين عليها ولمئات لاحقات من السنين. (المترجم).

(1) [هنريخ فلهلم ماثيوس اولبرز (1840–1758) Heinrich Wilhelm Matthaus Olbers] فيزيائي وفلكي ألماني، درس الطب ومارسه في مدينة (برمن – Bremen) في ألمانيا. جعل سطح بيته مرقباً فلكياً للنجوم ليلا ونذر ليله لدراستها. كان من المهتمين بدراسة النيازك وحساب مداراتها، وكان أول من صاغ كلمة (المذنبات – Astroids) اللاتي كُنّ قبله يعرفن (بالكويكبات). اكتشف النجيم (فستا – Vesta) وطلب من صديقه (كاوس) تسميته. كما اكتشف (المذنب الدوري (Periodic Comet 13P/Olbers) والذي سمي فيما بعد على اسمه. (المترجم)

أمواج بحارها وحتى تغيّر وتحرك أقطابها الجغرافية والمغناطيسية) إضافة إلى اشتغاله في (نظرية الخطأ أو الشك – The Theory of Errors)[1] ومواضيع الكهرومغناطيسية.

وكباقي المفكرين والرياضيين المتدينين، فقد كان (كاوس) غالبا ما يُنكر أي جهد ذهني أو معاناة فكرية لدى ابتكاره لأي مبدأ أو إثباته لأي نظرية، فهو غالبا ما كان يعزو فضل ذلك إلى الإلهام الذاتي والاستبصار الكوني الذي كان قد وُهب إليه من لدن (الباري المصور سبحانه). لقد نقل عنه المؤلف (جيمس ار. نيومن – James R. Newman)، في كتابه الموسوم: (عالم الرياضيات) قوله:

((إني لعلى يقين من وجود العديد من المعضلات والمسائل والتي لابد وأن نُعيرها منتهى اهتمامنا وغاية عنايتنا وجل وقتنا، غير المسائل والأمور الرياضية – مثل المسائل الأخلاقية الملحة أو علاقتنا مع الخالق (عز وجل)، أو إلى أين سنمضي بكوكبنا وما عليه من مخلوقات، أو حتى تفكيرنا بمستقبلنا. رغم اتفاقي مع معظم زملائي من العلماء والمفكرين في ذلك، إلا أني مع الاعتقاد القائل بأنها جميعاً تقع خارج منظومتنا العلمية وبعيدة عن حدود سيطرة مملكتها)).

لقد فاق ما امتاز به (كاوس) من عبقرية خالصة وإبداع في التصور وموهبة في الإبداع ووسع في الأفق كثير من السابقين والمعاصرين حتى الذين جاؤوا من بعده واللاحقين من عباقرة الرياضيين على مر العصور والأدهر وبلا منازع، حتى أنه ارتقى إلى مصاف الخالدين من أمثال: (أرخميدس – Archimedes) و(نيوتن Newton) و (يولر Euler)[2]

---

(1) The Moral Error Theory: وتنسب إلى الفيلسوف النمساوي [جون لزلي ماكي John Leslie Mackie 1917-1981] وقد كان له ما يقوله أيضاً في فلسفة الأديان وما فوق الطبيعيات وفلسفة اللغات. وتستند على مفهومين، الأول: للمسلمات الأخلاقية دائماً دوافع ذاتية، والثاني: لابد لكل ادعاء أخلاقي من سببية (ذاتية) تبرره. وينتج عن ذلك مبدأين. يقول الأول بصرورة كون كافة الادعاءات الأخلاقية (مغلوطة). ويقول الثاني: بوجود السبب وراء اعتقادنا بخطأ تلك الادعاءات الأخلاقية. (المترجم).

(2) [ليونارد بول اويلر – Leonhard Paul Euler (1707-1783)] – وهكذا يلفظ اسمه بالإنكليزية –(فيزياني ورياضي سويسري لامع قضى معظم حياته في روسيا وألمانيا، قدم وساهم بتطور العديد من العلوم والنظريات والحقول الرياضية من أمثال التفاضل اللانهائي (Infinitesmal Calculus)، ونظرية المنحنيات (Curve Theory)، والتحليل الرياضي وقدم مفهوم الدوال الرياضية (Mathematical Function) إضافة إلى الفلك والبصريات والميكانيك. (المترجم).

ولكن ما فائدة كل ذلك إن كان قد عاش حياة تعيسة ولم يذق طعم السعادة يوماً؟ فقد ظل طوال حياته منعزلا – في عمله وفي أوقات راحته! – توفيت زوجته الأولى في وقت مبكر فازدادت عُزلته عمن حوله، ثم تزوج زوجة ثانية نغّصت عليه حياته بمرضها المستمر، كما كانت علاقته العاطفية والاجتماعية بكافة أولاده متوترة لا تمت إلى العلاقة الأسرية برابط. لقد كان (كاوس) كثير التدقيق عليهم في أعمالهم دائم التأنيب لهم في دراستهم إلى الحد الذي بلغ معه منعهم من الذهاب إلى المدرسة وصدهم عن تكملة تعليمهم وعدم موافقتهم في اتخاذ أي حقل من حقول العلوم كمهنة مستقبلية لهم، لأنه كان لا يرضى إلا على الكامل من العمل والمثالي من التصرف ولم يشأ أن يطلق اسمه أو اسم عائلته على أي عمل أو بحث يمكن أن يصنف دون المستوى المطلوب من الامتياز والكمال!!...

ولد (كاوس) في مدينة (برنزوك – Brunswick) الواقعة في منطقة (سكسونيا السفلى – Lower Saxony) في ألمانيا. شغل والده العديد من الحرف خلال حياته بما في ذلك بستانياً وماسك حسابات إحدى الوكالات الخاصة بالتأمين. وصف (كاوس) والده بأنه كان نكرة مستبداً سيئ المنظر والمعشر. أما أمه فقد عمّرت طويلا رغم مرضها حتى وافاها أجلها عن عمر ناهز السابعة والتسعين عاما قضتها متفانية لعائلتها مخلصة لزوجها حريصة على بيتها وتربية أولادها حتى أنها قضت (22) سنة من عمرها مع ولدها (كاوس) تحاول الترفيه عنه وتؤنس وحشته وتشد من أزره.

لقد كان – وكالكثير من عباقرة هذا الكتاب – طفلا موهوباً فذاً تعلم الحساب والعد قبل أن يتعلم النطق، ففي عامه الثالث يذكر التاريخ عنه تصحيحه لحسابات والده عندما كان يراجع مجاميع أجوره. وتذكر إحدى الأساطير التي حيكت حوله تمكنه من مفاجأة معلمته حينما توصل حالا إلى الجواب الصحيح لأحد الفروض المدرسية عندما طلبت مدرسته من فصله إيجاد حاصل جمع كافة الأعداد من الواحد وحتى المئة. (ولا يستبعد تمكن كاوس من الوصول إلى الحل الصحيح لتلك المسألة حالا باستنباطه لقانون جمع الأعداد الصحيحة التالي:

$$\boxed{1 + 2 - 3 + \ldots + n = n\,(n + 1) / 2}$$

فيصبح الجواب الفوري للمسألة:

$$1 + 2 + 3 + \ldots + 100 = 100\,(100 + 1) / 2$$
$$= 10100 / 2$$
$$= 5050$$

إلا أن بعض المؤرخين اليوم لا يستبعد أيضاً كون كامل تلك القصة حول قابليته الحسابية مجرد أسطورة من وحي الخيال، إلا أن شكلا مغايراً لأسطورة قابليته على الحساب السريع ذُكِرَت على لسان المؤلف والمؤرخ (ارك تمبل بل – Eric Temple Bell) في رائعته المنشورة عام (1937) تحت عنوان (رجال الرياضيات – Men of Mathematics) والتي فيها ما يُعزز الإعجاب بذاك العبقري اللامع ويرفع من شأنه أكثر حين كتب يقول:

((بدأ الفصل الدراسي وكانت الحصة الأولى في موضوع الرياضيات والحساب، وقد كان (المعلم) على يقين شبه تام بأن لا أحد من طلابه كان قد سمع (بالمتوالية الحسابية - Mathematicul Progression) أو تعرف عليها من قبل، ولما أراد أن يُشغلهم من ناحية ويبين لهم (حنكته) بالتوصل إلى الإجابة على مسألة طويلة من هذا النوع وبسرعة بتطبيق القانون الخاص بها من ناحية أخرى، فقد طلب الأستاذ من تلامذته إيجاد حاصل جمع كافة الأرقام التالية ولمئة مرتبه ابتداءً من:

$$100899 + \ldots + 81693 + 81495 + 81297$$

تمكن كاوس من إيجاد الجواب الصحيح في ثوان معدودة الأمر الذي عزز عبقريته الحسابية وكان بشير الخير لألمعية إنجازاته القادمة...

تعتبر المسألة السابقة متوالية عددية، عدد حدودها (100)، ومقدار الفرق بين كل مرحلة والتي تليها ثابتاً - وهو (198) - وعليه يمكن حلها وفق القانون السابق (($q = n(n+1)/2$).

لقد حذّر [(جرمي كراي – Jermy Gray) في المقدمة التي كتبها لكتاب (جي. والدو دنكتن – G. Waldo Dunnington) الموسوم – كارل فردريخ كاوس] من الانجراف وراء تصديق الخرافات التي حيكت حول قصص طفولته، وطالب بالتزام جانب الحذر

والشكك بشأن الكثير مما وصلنا منهما حين قال:

((لقد صار لزاماً علينا الشك وتمحيص كل ما وصل إلينا من قصص طفولة (كاوس) المثيرة فلا أشك في أن معظمها كان قد كتب في مرحلة متقدمة من حياته، ولا صلة لها بطفولته، ولعل أغلبها كان قد نبع من حب والدته له ومن نسج ذاكرتها بل وخيالها تجاهه، لقد حوت تلك القصص الكثير من التهويل عن قابلية الطفل (كاوس) ولكنني على يقين بأنها لم تمس، ولم تصل حتى إلى طرف واقع فطنة (كاوس) الرجل وعظمة موهبته)).

التحق بدراسته المتوسطة في مدرسة سميت بكلية مدينته برنزوك (Brunswick Collegium Carolinum) في عام (1792) والتي امتازت بمستواها الأكاديمي المرموق في الحقول العلمية. وفي خلال سني مراهقته كان (كاوس) قد تمكن من التوصل إلى العديد من الاكتشافات الحسابية وإثبات الكثير من النظريات الرياضية، وتأكيد العديد من المشاهدات الطبيعية، قبل أن يعرف أن معظمها كان قد أثبت أو اكتشف سابقاً.

لقد توصل – وعلى سبيل المثال – إلى إعادة اكتشاف [قانون بود لمسافات الكواكب – Bode's Law of Planetary Distances] (راجع تفصيل مدخله في هذا الكتاب) والذي نص على إمكانية التنبؤ بمقادير المسافات الفاصلة بين الكواكب والشمس، و(نظرية ذات الحدين – Binomial Theorem) المرفوعة إلى القوى الحقيقية كما أعاد اكتشاف المعدل الحسابي – الهندسي (Arthmetic – Geometric Mean).

يُحسب المعدل الحسابي – الهندسي لعددين موجبين حقيقيين (x) و (y) بحساب معدلهما الاعتيادي أولاً وهو

$$a_1 = (x + y) / 2$$

ثم نقوم بحساب معدلها الهندسي:

$$g_1 = \sqrt{x\,y}$$

ثم بعد ذلك نكرر المتوالية مرات ومرات، والتي أخيراً سوف تختزل إلى ذات العدد وهو ما يرمز له بـ $[M(x + y)]$

وهو ما اصطلح على تسميته (بالمعدل الحسابي – الهندسي) لـ x و y.

ولتعميم ما سبق نقول:

$$a_n + 1 = \frac{a_n \cdot g_n}{2}$$

ثم بحساب معدلهما الهندسي وهو

$$g_{n+1} = \sqrt{a_n g_n}$$

ولقد استنبط كاوس مصطلح (مقلوب – Reciprocal) المعدل الحسابي – الهندسي للعددين (1) و ($\sqrt{2}$)) والذي يعرف الآن، وتقديراً له بثابت كاوس (G) ويساوي:

$$\frac{1}{M(1, \sqrt{2})} = G = 0.83462684167$$

يستفيد الرياضيون من (المعدل الحسابي – الهندسي) آنف الذكر في حساباتهم لقيم المسافات الإهليجية الكاملة – Complete Elliptic Integrals) وفي إيجاد مقلوب المماس – Inverse Tagent)[1] وقد تمكن من ربط ذلك المعدل (بتوسيعه للمتوالية اللامنتهية – Infinite Series Expansion). كما كان (كاوس) قد قام بعمل استثنائي آخر بالنسبة لفتى بعمره حينما حسب مقدار قيمة الجذر التربيعي للعدد 2 ولخمسين مرتبه عشرية:

1.41421356237309504880168872420969807856967187537694

حدث ذلك عندما كان لا يزال فتىً يدرس في المرحلة المتوسطة، كما تمكن أيضاً من اكتشاف (مبدأ المربع الأصغر – Principle of Least Square) خلال بحثه عن نماذج متواليات الأعداد الأولية.

وقُبيل دخوله إلى مرحلة الدراسة الجامعية، كان (كاوس) قد تمكن من إعادة اكتشاف قانون (مقلوب المعادلات الآنية – Quadratic Reciprocity)، متزامنا مع، وعلى انفراد عن كل من الفيزيائي والعالم الرياضي السويسري [ليونهارد اويلر (Leonhard Euler (1707–1783] والرياضي

(1) Tangent هو(الظل) كقيمة مثلثية – Trigenometric Function) تساوي حاصل قسمة الضلع المقابل لإحدى زاويتي المثلث قائم الزاوية على ضلعها المجاور، وفي الهندسة هو المماس للمنحنى، أي المستقيم الذي يمسه بنقطة واحدة فقط (المترجم).

الفرنسي [ادريين ماري ليكندر (Adrien – Marie Legendre (1752–1833]، وقد كان السبّاق فيما بينهما للتوصل إلى الإثبات الأمثل والحل الأصوب لذلك القانون. لقد شغف (كاوس) بذلك القانون وأُعجب به كل الإعجاب إلى الدرجة التي يذكر لنا التاريخ معها استمراره في البحث عن الحلول والإثباتات وطوال فترة حياته حتى تمكن من التوصل إلى سبعة إثباتات مختلفة له خلالها.

[وللقراء المتحمسين رياضيا، لنا أن نذكر اعتبار (قانون مقلوب المعادلات الآنية – Quadratic Reciprocity Law) قانونا مهتما بحل معادلتين آنيتين مرتبطتين بالطريقة النمطية المقننة للحساب – Modular Arithmetic][1].

لقد توصل (كاوس) أيضاً ولما يزل في مرحلة حداثته إلى إيجاد الطريقة التي مكنته من رسم المُضلع المنتظم صاحب الـ (17 ضلعا)، [ويسمى باللاتينية (هبتا ديكاكون – Heptadecagon) وتعني الكلمة هبتا – Hepta – الرقم سبعة وديكا – Deca – الرقم عشرة، أما الملحق كون – gon – فيعني مضلع أو مختصر لكلمة Polygon] باستعمال المسطرة والفرجال فقط. ولأبراز أهمية هذا الإنجاز الرياضي الباهر بل وهذا الحدث الهندسي الخطير، لابد لنا أن نذكّر بأن (كاوس) هذا كان أول من نجح برسم هذا الشكل (بأضلاعه السبعة عشر) رُغم فشل كافة محاولات رسمه بنفس الأدوات – أي المسطرة والفرجال – من قبل عظماء الرياضيين والفلاسفة والباحثين منذ ما ينيف عن (1000 عام)!! أي منذ عهد (اقليدس – Euclid)!!. لقد كان باستطاعة الرياضيين إنشاء الأشكال المضلعة المنتظمة والمسماة (مضلعات – ن أو n – gons) حينما بلغت قيمة الرقم ن، 3 و 5 أو أحد أسس الرقم 2، أي 2 مرفوعة إلى القوة 2 أي (2×2) = 4، و2 مرفوعة إلى القوة 3 أي (2×2×2)=8 و 2 مرفوعة إلى القوة 4 أي 16 = (2×2×2×2) ضلعاً وهكذا... أما (كاوس) فقد ابتكر طريقته

(1) Modular Arthmetic – لغة هو الحساب المتعلق بطريقة... والتابع لنسط محدد مقنن، واصطلاحاً هو الحساب المتعلق بضابط أو معامل أو رابط يحدد له صفاته، وعملياً هو نوع الحساب الحاوي على أرقام صحيحة لها صفة (الالتفاف) والانغلاق على بعضها لتعود إلى الرقم الذي ابتدأت به أولاً بعد وصولها لقيمة معينة خاصة تسمى (بالمعامل – Modulus). وهو نوع الحساب الذي ابتكره (كاوس) ونشره في عام 1801، وقد يسمى (بحساب الساعة – Clock Arthmetic)، لعودة أرقامها للبدء من جديد بعد كل دورة. (المترجم)

الرياضية الفريدة لتوسيع عائلة المضلعات بإضافة أفراد بعدد أضلاع أولية من النوع $[1 + 2^{(2n)}]$ حينما يُمثل n عـدداً صحيحاً. وعليه فإن مجموعة هذه العائلة ستضم مضلعـات ذوات ($F_0 = 3$ أضــلاع) و ($F_1 = 5$ أضــلاع) و ($F_2 = 17$ ضلعـاً) و ($F_3 = 257$ أضـلاع) و ($F_4 = 65،537$ ضلعا)... وهكـذا. وقـد يُطلق اسم (أعداد فرمـت – Fermat Numbers) أيضا علـى الأرقام السابقة، ولا يشترط كونها أعداداً أولية. ولقد تم رسم المضلع المنتظم الحاوي على (257) ضلعاً في عام (1832).

لقـد احتفظ (كاوس) بتقديره الذاتي واحترامه الشخصي لإنجـازه الفريد وهو (المضلع ذو السبعة عشر حداً السابق ذكره) حتى هرمه وشيخوخته. وقد بلغ به إعجابه بإنجازه ذاك أن أوصى أن يُنحت شكلـه على شاخصة قبره بعـد وفاته، ولكن الطريف في الأمر جاء علـى لسان حافر القبور وناحت الشواخص عندما اعتذر عن القيام بذاك العمل متعللا بأن مثل ذلك (المضلع) سيظهر بشكل (دائرة) لكل من يراه!! فاستطاع أن يدّخر جهده ووقته وألا يبددهما في مهمة لا ناقة له فيها ولا جمل!!

لقد وُصف عام (1796) بأنه الأغزر إنتاجاً في حياته كلها، وكان ذلك حين بدأت تنهال على ذهنـه الأفكار والإنجازات وكأنها زخات مطر من سماء مُلبدة لا يكاد يرى أحد نهاية لانقشاع سُحبهـا.... أو لكأنهـا شلال متدفق من عين ثَرّة لا تنضب. لقـد شهدت تلك السنة إضافة إلى إنجـازه حل مشكلة رسم المضلـع ذي الحدود السبعة عشر – الهبتاديكاكـون – في الثلاثين من شهـر آذار (مارس)، اختراعـه (للحسـاب النمطـي – Modular Arithmetic) وتقديمه (لقانـون مقلوب المعادلات الآنية – Quadratic Reciprocity Law) في الثامن من شهر نيسـان (أبريل)، ونظرية الأعداد الأولية في الحادي والثلاثين من شهر مايس (ماي). كما تمكن أيضـا وفي اليوم العاشر من شهر تموز (يوليو) من نفس العام من إثبات حقيقة إمكانية التعبير عن أي عـدد صحيـح موجب بواسطة حاصل جمع مـالا يزيد عن ثلاثة أعـداد مثلثية. وتمكن من اكتشاف الحل الصحيح (لمتعددة الحدود – Polynomials) بمعاملات ضمن الحدود النهائية (Coefficients in finite fields) في الأول من تشرين أول (اكتوبر) من عامه الحافل ذاك.

تنص نظرية الأعـداد الأولية على إمكانية التعبير تقريبياً عـن الأرقام الأولية التي تقل عن قيمـة محددة (n) بـ (n/ (ln n)). هـذا ويعتبر (كاوس) أول من طـرح فكرتها التي

أمكــن إثباتهــا أخيراً في عــام (1896) من قبل كل مــن الرياضي الفرنســي [جاك هادمرد (1863–1965) Jacques Hadamard] والرياضــي البلجيكــي [شــارل دولا فــالي بواس (1866–1962) Charles de la Vallee Poussin] كُلا بصورة مستقلة وعلى انفــراد. لقد استخــدم الرياضيان البارعان تحليلات معقدة مضنيــة في إثبات تلك النظرية في زمــن أيقن الجميع فيه باستحالة الوصــول إلى إثبات أبسط، بطرق أسهل أو بتفكير أيسر حتى جــاء الحدث الرياضي العظيم في عام (1949) حين أمكــن إثباتها ببساطة مطلقة باستخدام طريقة ابتدائيــة غابت عن الأذهان فلم تدركها العقول، إلا عقــل الرياضي النرويجي اللامع [عطيل سلبرك الذي ولد عام (1917) Atle Slberg] وقريحة الرياضي المجري الفذ [بول إردو (1913–1996) Paul Erdo's] كُلا علــى انفــراد أيضــاً. وقد ظهر عرضياً إمكانية استخدامها لاشتقاق نظرية أخرى ذات علاقة تنص على: ضرورة وجود عدد أولي واحد على الأقل بين أي رقم ومضاعفه لمجموعة الأعداد التي تفوق العدد [(1)، (n>1)].

وبامكاننــــا أن نثبــت كــذلــك – وبالاستناد على (نظرية الأعــداد الأولية – Prime Number Theorem) بــأن معدل (الفجوة) الحاصلة ما بين أي عددين أوليين أقل من (n) هــي [الــن (n) (ln (n)]، وعليه إذا أحببــت أن تتفحص الأعداد الأوليــة الصحيحة الأولى مــن سلسلــة الأرقــام وهــي: 2، 3، 5، 7، 11، 13، فإنك لاشك ستلاحــظ أن الفــروق المتتاليــة بينهــا ستكون 1، 2، 2، 4، 2،... وهكذا).

أمــا بخصوصــص اكتشافه للحقيقة الرياضيــة القائلة بإمكانية التعبير عــن أي عدد كحاصل جمع ما لا يزيد على ثلاثة أرقام مثلثية، فقد كانت من الصدف الجميلة المتعلقة بحرصه على تدوين ملاحظاتــه ومذكراته بصورة تكاد تكون قسريــة (Compulsive) وبصورة يومية بــلا انقطاع. ففي إحــدى مُدْخلاتها المؤرخة في اليوم العاشر من شهــر تموز (يوليو) من عام (1796) وجدنا الملاحظة التالية مكتوبة بوضوح تام وبسطر واحد فقط هو:

((Δ + Δ + Δ = EYPHKA، num))

والتي تجسـد نظريته التي عرفت لاحقاً باسم (الأرقام المثلثية – Triangular Numbers)[1] والتي يمكن التعبير عنها بمنظومة نقطية متنامية من النوع الذي تمثله الأعداد التالية وبداياتها هي [1، 3، 6، 10، 15، 21، ...].

لقد وُهب (كاوس) ذهنا وقاداً وتفكيراً ديناميكيا لا تعرف الهوادة له سبيلاً، فقد كانت أفكاره ونظرياته تتدفق عليه كالسيل العرمرم الذي لا يصده مصد ولا يوقفه حاجز[2]، فقد عُرف عنه غزاره إنتاجه إلى الدرجة التي لم يسعه إلا تسجيل ما يطرأ على ذهنه بأكثر الطرق اختصاراً، (لاحظ ما سبق!!) دون توفر الوقت الكافي لديه للتعمق فيما جادت له به قريحته ولا للبحث فيما هدته إليه عبقريته.

وإليك فيما يلي ومضات منتقاة وشذرات معدودات خالدات من فيض ما فاحت به له عبقريته وما تلألأت لنا به ملكته خلال حياته:

- قدم أربعة براهين جوهرية أصيلة للنظرية الجبرية القائلة؛ بوجود عدد من الحلول الممكنة لكل معادلة متعددة الحدود (Polynomial Equation) ذات معاملات معقدة تساوي قيمة أعلى أُس رفع له أحد مجاهيلها.
- حلل بصورة كاملة وافية معادلة الدائرة العامة:

والمتمثلة بـ: (Cyclotomic Equation) – (x) – 1 = 0) مرفوعة إلى الأُس n.

- اخترع منظار المساحين (Heliotrope) وهو عبارة عن أداة يمكنها جمع شعاع الشمس وإرساله – مركزاً – على مدى مسافة شاسعة من الأرض لأغراض مسحها.
- تمكن من إعادة اكتشاف (الدائرة الكهربائية لكرشهوف – kirchhoff's Electrical Circuit) و (قوانين الانبعاث الحراري – Thermal Radiation Laws) وذلك في عام

---

(1) ويعرف الرقم المثلثي – Triangular Number – بأنه يساوي عدد النقاط في مثلث متساوي الأضلاع وقد مُلئ بها. وعليه فإن 3 نقاط ممكن أن تشكل مثلثا متساوي الأضلاع. وكذلك، نقاط 10، 15، 21. وهكذا حتى المثلث رقم n حيث يحتوي على n من النقاط على أحد أضلاعه... ورياضياً نقول: إن العدد المثلثي، هو ما يساوي حاصل جمع كافة الأعداد الطبيعية (n) من (1) إلى (n)، وفقاً للقانون التالي:

$$\left[T_n = 1+2+3+\dots+(n-1)+n = \frac{n^2+n}{2} = \frac{n(n-1)}{2}\right]$$ (المترجم).

(2) و(.... كأنه جلمود صخر حطه السيل من عل). (المترجم).

(1833).بمعيــة الفيزيائي الألماني الفذ [فلهلم ويــبر (1891-1804) Wilhelm Weber]، اختصت تلك القوانين بتأكيد وتحديد مواصفات حفظ الشحنة والطاقة في الدوائر الكهربائية.

• ابتدع أول (تلغراف - Telegraph) في العالم مع العالم (ويبر). والتلغراف هو جهاز لبعث الرسائل بواسطة الإشارات الكهربائية المتقطعة عن بعد.

• مارس وابتكر وزاول أعمالا وأبحاثا كثــيرة شملت حقول الفيزياء النظرية، والخاصية الشعرية، والميكانيك والبصريات ودراسة المواصفات البلورية وعلم انتقال الأصوات وكيفية تولد الصدى منها.

• استطــاع تعيين المقــدار المغناطيسي الكامــن - Magnetic Potential)[1]. في أي نقطة على سطح الأرض، وذلك باستعمال متوالية لانهائية من الدوال الكروية.

• أثبــت صحــة الاعتقاد القائل بإمكانية الاستعاضة عــن أي تركيب معقد من العدسات اللازمة لإجراء أو اختبار أي تجربة في علم البصريات الضوئية بعدسة واحدة مناسبة.

• ساهــم بتطوير والإضافة إلى علــوم الكهرومغناطيسية والأسطح المنحنية وطريقة المربع الأصغر[2]ودوال الهندسة الفائقة[3] والهندسة التفاضلية[4].

• كتب عن أساليب الرسم والتصوير ونظرية المساقط لرسم الخرائط.

(•) للضرورة التوضيحية فيما يلي تعاريف مختصرة للمصطلحات الرياضية المذكورة في هذه الفقرة.(المترجم).

(1) ويعنــي أولاً - المقــدار المغناطيسي المتجه الكامــن (Magnetic Vector Potential) ويعني ثانيــاً - المقدار المغناطيسي القياســي الكامــن (Magnetic Scalar Potential) ويماثل الثاني فرق الجهد الكهربائي (Electric Potential)، ويستعمل غالبــا مــع الحقل المغناطيسي من نوع H. ويماثل الأول (وهو عبارة عن حقل متجه ثلاثي الأبعاد يتولد الحقل المغناطيسي من دورانه وهــو المصطلح الأكثر استعمــالا) الثاني في عمله، إلا أنه يستعمل غالباً مع الحقل المغناطيسي من نوع B. يستخدم هذان المصطلحان في مفاهيم النظريات الجزيئية الحديثة كنظريتي النسبية (Reletivity) وميكانيكا الكميم (Quantum Mechanics) بدلاً من مصطلحي الحقل الكهربائي والمغناطيسي عن الوكيبيديا، وللاستزادة راجعها. (المترجم).

(2) The Method of Least Squres - طريقــة رياضيــة لإيجاد الحلول التقريبية (للنظم فــوق المحددة - - Overdetemined Systems) وهي النظم الحاوية على معادلات اكثر من المجاهيل، وتستعمل في الإحصاء، ولاسيما في (التحليل التقهقري - Regression Anafysis).

(3) Hypergeometric Functions- وهــي الدوال التي تتعامــل مع (الهندســة التفاضلية - - Differential Geomtry) و(الجبر التبادلي - Cummutative Algebra)، وتقع ضمن رزمة من النظريــات الكلاسيكيــة والكيميــة التي تفســر بعــض المجالات (والحقول) الغريبة مثل حقل Susy: Super Symetry- الذي ترتبط فيه جزيئات الفتلة الكاملة (one Spin) مع جزيئات تختلــف عنها بمقدار نصف الفتلة (Half Spin) وتسمياں بالمتآلفات الفائقة (Superpartners)- ومجال BRST؛ المعنــي بطرق نظرية الكــم المعقدة ومجال الجاذبية الفائقــة (Super Gravity)؛ وهي إحدى نظريــات توحيد الحقول فمثلا تحاول توحيد مبادئ مجال التماثل الفائق (Super Symetry) مع النظرية النسبية العامة (The General Theory of Relctivity).

(4) Differential Geometry - وهــي الهندسة التي تستعمل حساب التفاضل والتكامل (Calaulus) والحساب الجبري الخطي والمتعدد (Linear & Multilinear Algebra) للدراسة وفهم مسائل هندسية متعلقة بتصميم شكل الكون أو المجالات المتأثرة بفعل الجاذبية. (المترجم).

سبـق للفلكـي الإيطـالي [كوسـب بيـازي Giuseppe Piazzi(1746-1826)] أن اكتشـف في العام (1800) أحد المذانبات الذي أطلق عليه اسم (سيرس-Ceres)، واختفى (سيرس)[1] خلـف قرص الشمـس واستحال تعيين موقعـه، ولكن - كاوس - بعبقريتـه الرياضيـة وحنكتـه تمكن مـن التنبؤ بدقـة بموقعه فأُعيـد اكتشافـه. علـق الفلكـي النمسـاوي [فرانز زافر فون زاك Franz Xaver Von Zach (1832-1854)] على أهمية وألمعية (كاوس) في مقتطف من كتاب (كرتس ولسن - Curtis Wilson) الموسوم (كارل فردريك كاوس) بما يلي: ((**أكاد أُجزم بأنه لولا عبقرية الدكتور (كاوس) ودقة حساباته لما تمكن أحد من إعادة اكتشاف موقع المذنب (سيرس - Ceres) مرة أخرى أبداً**)).

ومن الملاحظ والمدهش في سلوك (كاوس) هذا أنه كثر ما التجأ إلى إخفاء معارفه ومعلوماته (بـل ولقد دأب على ذلـك) من أجل الاحتفاظ بسبق التفوق علـى زملائه ومعاصريه ولإعلاء شُهرته ومجده!! لقد كان كثير الأفكار غزير الإنتاج، وكان من عادته نشر نتائجه النهائية بأسلوب نهائـي (مُشفّـر) وبلا أي اشتقاق، ومن ثم يعود لنشر إثباتـه واشتقاقه لما سبق هو أن نشره، هذا وقد أكثر من استخدام هذه الطريقة إمعاناً في جلب الانتباه والأضواء إلى شخصه وإمكانياته.

في عام (1801)، نشر أول كتبه المنهجيـة حول (نظرية الأرقام الجبريـة -Algebraic Number Theory)[2] بعنوان (حلول حسابيـة - Disquisitions Arthmetica).

وفي عام (1803) قابل (يوانا اوستوف - Johanna Osthoff) وهي ابنة لأحد مالكي المدابـغ المحليين. لقد ذهل (كاوس) حينما رآها وتعلق قلبـه بها من النظرة الأولى وقد شدت

(1) Ceres - وهـو الكوكـب القـزم أو (Ceres I)، أصغر كواكب مجموعتنـا الشمسية (قطره 950 كيلومـتراً) على الإطلاق والوحيـد الموجـود في حـزام الكويكبات الذي يقع ما بين كوكبي المريخ والمشـتري. اكتشف فـي الفاتح مـن شهـر كانـون ثاني مـن عـام (1801) من قبـل [كوسيبي بيـازي -Giuseppe Piazzi (1746-1826)] وهو كاهـن ورياضي فلكي إيطالي. و(سيرس) هو اسـم إله النبات والخصـب الرومانية. واتخذت اسم الآلهة وهـي أخت وزوجة ابو الآلهـة (زيوس) هيرا (Hera) كذلك. وهي آلهة الزواج والنساء في الميثالوجيا الرومانية (المترجم).

(2) Algebraic Number Theory - وهـي فرع كبـير من (نظرية الأرقام - Number Theory) والتي تدرس الهياكل الجبرية المتعلقة بالأرقام الجبرية، وتتم العملية بتشكيل حلقة من الأرقام الجبرية يرمز لها (O) ضمن نطاق أو حقل محدد من الأرقام هو (K/) ومـن ثم دراسة خواصها الجبريـة (كالمفكوك - Factorial) وتصرف الأفكار (Behaviour of Ideas) ومديات الحقل (Field Extension). وفائدتها بالاستدلال عن مجاهيل ظاهرة بربطها بالمعلوم منها. (المترجم).

أو تـار قلبه، فراح يُطارحها غراماً أدبياً علـى ورق وعبر رسائل مفعمة بالوجد والهيام والقلق متوسلاً إليها أن تفتح له قلبها وتستمع إلى صريخ أنّاته وذبيح آهاته المكلومة منها، وبها... ومما جاء في إحدى رسائله إليها والمؤرخة في 12 تموز (يوليو) من عام (1804) اقتطف لك ما يلي:

((يا غاليتي.. ويافتنتي، هلا تفضلت بقبول حقيقة حبي إليك واستعدادي لإراقة دم قلبي بين يديك... بيدي أخط عهدي وبعقلي وعاطفتي أطرح أمري، دعيني أهدي قلبي لسمو سكونك وصمتك الملائكي.... أصديقة أم حبيبة؟.... لي، لا بل أنت روح سامية عزيزة على نفسي قريبة إلي بعيدة عني وبعيدة عن كل ما ينقصها، غالية رائعة، لا تُقدّرين، حتى أنت بنفسك مقدار غلاك عندي وقيمتك لدي؟ لا تقدرين قيمتك ولكن قلبي يفعل، لا تعرفين شوقي ولكن سهادي يشهد. لقد صرت أمسي وأصبح أحمد الله (عز وجل) وأشكر السماء ليل نهار لمنحها إشراقة وجهك إياي لأكمل بها مرآي!!... وهل لي أن أقول بل منحتك قلبي وهو يتفطر. إلى متى أكابد وأتحمل فلقد كاد حملي أن يقصم ظهري. حبي وقلبي لك فلا ترديهما خائبين. ألا تودين سد فراغ قلبي (الذي هو لك الآن) في صدري بقلبك. نعم لقد بلغ بي الشوق مبلغه واضطرم فؤادي فهو في أوجه ولن يسعدني في هذه الدنيا، بل في هذا الكون ولن يريحني شيء، ما لم أرك راضية مرتاحة في أحضاني غافية قريرة العين بين أضلاعي ونفسك من صدرك هو نفسي وأن يكون شعورك هو نفس شعوري، لقد أرقتُ دم قلبي أمامك وصلّيتُ في محرابك لك، وطلبت رضاك. عزيزتي... حبيبتي... سيظل قلبي ذائباً وحبي خائباً وروحي مكلومة وإرادتي أسيرة وعقلي سارحاً... وأنا بصبر أنتظر وصول ردّك إليّ....)).

خطب (كاوس) (يوّانا) في ليلة الثاني والعشرين من شهر تشرين ثاني (نوفمبر) من عام (1804)... ملك الدنيا وصفقت أجنحة خافقة فرحة بها وطار قلبه ليلتقط يراعاً يخط به قسم الحب والهيام حين قال:

((إيه أيتها الحياة... ها قد انقلبت – وبفعل ضحكة واحدة من ثغر محبوبتي – إلى ينبوع ربيعي زاه بألوانه بل إلى شلال دفق من السعادة غمرني بأنغامه، هلمي إليّ أيتها الحياة... ها قد خُلقتُ من جديد)).

ولم تسع نفسه سعادتها فأرسل خطابه ذاك لكل أصدقائه.

كُللت خطبتهما بالزواج السعيد الذي زيّنه إنجابهما لولد وبنت. ولكن أيعقل أن يمر موكب سعـادة بلا جروح وهل نسي القـدر قدره ليسيل ينبوع الحب بلا قروح؟؟... لا!!، فسرعان مـا امتدت يد المنون لتُعكر صفوه ولتلطم روحه فاختطفت من بين أحضانه زوجته ومن لب سعادتـه ابنـه ومن أمام ناظريه والده، فأمسى فؤاد (كاوس) خاوياً. كانت ضربة الموت عليه شديدة ووقعها عليه مدمراً طار لها لبّهُ وتفرقت لأثرها فرائصه، ومن بين الأقربين كان فقدان (زوجتـه) عليه صعباً وفراقها لـه مراً، طار لها عقله وفؤاده وفقد علـى إثرها صوابه ورشده فارتمى إلى أحضان الكآبة غير نادم وتملكه اليأس غير غانم.

لم يتمكن من العيش وحيداً فلملم جراحه وعقد عزمه وتزوج صديقة زوجته (منا ولدك – Minna Waldeck)، ليشم منها رائحة فقيدته ولينجب منها ثلاثة أطفال.

لقد اختط (كاوس) منحى خاصاً لفلسفته في العلوم وتقدم المعارف والتي كان قد أفصح عنها بوضـوح في رسالته التالية التي أرسلهـا في يوم من أيام عام (1808) إلـى صديقـه الرياضـي المجـري الشهـير [فاركـاس بولاي – Farkas Bolyai (1775–1856)] والتي جاء فيها:

((إن ما يوصلك إلى هناك، وما يمكنك من السعادة، لا مقدار المعرفة ولا غزارة العلوم...

وإنما هو فعل الشـغف ورغبتك في التعلم، وما يجعل منك عالماً حقاً هو ليس امتلاكك للمعرفة... وإنما بطريقك للوصول إليها، ففي ذلك المتعة وهناك يكمن بيت القصيد..!!

لقد دأبت طوال عمري على البحث والتقصـي والإنجاز الـذي بلغ حد الإبداع... ولما وصـلت إلى ما نشـدته روحي وتاقت إليه نفسـي أدرت ظهري له وأشحت بصري عنه ورميت بنفسـي إلى أحضـان الظلام والمجهول مرة أخرى، لا شـيء إلا لأسـتعيد مُتعة الوصول إلى قمة جديدة، ونشوة الانتصار بوطئي لهدف حل مسألة عنيدة.

هـل لي أن أقول إن إشبـاع الرجل النهم إلى العلم مهمة لا تـُدرك؟ أم أقول إن توقه ذاك لغريب، فكلما أكمل تجربة وهضـم معضـلة وحالما حل مسـألة أو فهم فكرة... تراه لا يفسـح لنفسه المجال ولا يضيّع من يده الزمام بتفحصها وتمحيصها وغربلتها وتحقيقها،

بل تراه ينتقل إلى مسألة أصعب أو معضلة أعقد ليبدأ مشوار صراعه معها - حتى تلين وتخضع هي الأخرى له. لابد لقاهر العلوم وهاضم المعرفة أن يكون غازيا متعطشاً لا يعرف الانتظار لنفسه طريقاً ولا الراحة لنفسه سبيلاً، فكلما سقطت قلاع مملكة تحت ضربات سيف فكره وسنابك أفراس عبقريته تراه سرعان ما يهب ويغزو ليدك أخرى)).

أكمل (كاوس) تأليف كتابه الثاني وتمكن من نشره بجزأين في (1809) تحت عنوان: (Theoria Motus Corporum Coelestium in Sectionibus Conicis Solen Ambientium) **(نظرية في حركة الأجرام السماوية حول الشمس بمقاطعها المخروطية)** وقد كانت أطروحة بارعة ناقشت حركة الكواكب والأجرام. تضمن جزؤه الأول مناقشة ووضع العديد من المعادلات التفاضلية ذوات العلاقة، وحفظ لنا جزؤه الثاني تفاصيل السبل اللازمة لتقدير وتعيين وحساب مسارات الكواكب في مداراتها.

لقد عانى كاوس - وطوال حياته - من الشعور القسري بالرُهاب والكآبة الشديدة متزامنا مع الإحساس الداخلي بالظلم والاضطهاد، وحاول جاهداً مقاومتهما، وقد ظهر ذلك جليا في رسالته البيّنة، التي أرسلها في عام (1834) إلى تلميذه السابق (كرستيان كرلنك - Christian Gerling) والتي ضمنها شجونه وآهاته وشعوره الدائم بالوحدة والوحشة في هذا العالم رغم إحاطة الجميع له وحفاوة الكثيرين به. وفي خلال مقاومته لسلبيات شخصيته ومثالب خوفه و(مرض) نفسيته وظلام انعزاله وابتعاده عن الناس والمجتمع... وبالرغم منها جميعاً فقد تمكنت عبقريته من التفتق والازدهار وزاول عمله مواصلاً الليل بالنهار حتى انتشر عمله وينعه، وبلغ نجاحه الأفق حتى طبقه فقد عُرف واشتهر كأفضل عالم للرياضيات في تلك الحقبة على الإطلاق[1].

ذكر كاتب السير الذاتية(كنيث او. ماي - Kenneth O. May) في مشاركته في معجم سير العلماء الذاتية - حول كاوس - بأنه كان مشغول الفكر كثير الإنتاج فغالبا ما تصارعت الآلاف من الأفكار في رأسه ودارت الملايين من الإبداعات بين تلافيف دماغه، إلا

(1) يصنف اختصاصي علم النفس (Psychology) وعلم النفس المرضي (Psychiatry) اليوم مجموع الأعراض والدلالات التي عانى منها (كاوس) ورافقت عبقريته تحت مسمى عام شامل يميز نوعا خاصا من الشخصيات الإنسانية المبدعة وينغص عليها حياتها في آن وقد يدفعها أحيانا إلى الانتحار وهي (الشخصية المضطهدة القسرية - Paranoid Personality) و(العصاب القسري الاضطهادي - Obsessive Compulsive Personality) ومن شخصياتها عبر الزمن نيوتن و(كاوس) وفرويد وبيكاسو وهتلر وغيرهم. (المترجم).

أنـه لم يتوصل إلى مراحل رعاية وإنضاج الكثـير من تلك الأفكار والإبداعات ولم يتمكن من دفع نظرياته وقوانينه رغم غزارتها إلى إحداث أي انقلاب بيّن يذكر ولا أدنى ثورة في الفكر العلمي البشري العام آنذاك، وذلك للأسباب التي شرحها لنا قائلا:

((علينا أن نُدرك الفرق ما بين وجود أو الحصـول على كمية من العلوم والمعارف من جهة، ومقدار ما يمكن أن يُجسده ذلك من تأثير على العلوم أو المجتمع من جهة ثانية. لقـد كـان ذلـك التفريـق فـي الوقـت الذي عاش فيه (كاوس) مبهما، أما اليوم فقد أصبح الفرق بينهما بيناً. لقد شهـد (كاوس) حدوث، وعاش بالفعل فترة أعظم ثورتين لأجل فكرتين رياضيتين خلال القرن التاسع عشر وهما: (الهندسة اللاإقليدية – Non - Euclidean Geometry)[1] و (الجبر اللاتبادلي – Non Communative Algebra)[2].

وفي حين تعود الهندسة الإقليدية إلـى زمـن (إقليدس الإسكنـدري الذي ولـد حوالي 300ق.م – Euclid of Alexandria) وهو الملقب بأبي الهندسة في القرن الأول قبل الميـلاد، لم يتـم تقبل فكرة الهندسـة اللاإقليديـة [والتـي تناقش وتفسـر من مجمل ما تناقشه وتفسره مفهوم (الزمـكان – أي توالف عاملي الزمان والمكان– Space time) إلا في حدود القرن التاسع عشر الميلادي.

أمـا الأولى فقـد كرهها ورفضها، وأمـا الثانية فقد أحبها وساندها لمـا وضعها على شكل (حسابـات رباعية الحـدود – Quaternion Calculations) في كتيب صغير نُشر في عام (1819) ولم يُثر أي ردود فعل تُذكر.

أكـد (ماركوس دو ساوتـوري – Marcus du Sautory) في كتابـه (ما عزف لحنه

(1) Non – Euclidean Geometry: هـي نوع الهندسة المتضمنـة لأشكال وأحجام لا يمكن إسقاطها مباشرة على أي فراغ إقليـدي (تقليدي) ذي عدد محدد من الأبعاد مقداره (n). وتتضمن (الهندسة اللاإقليدية) أنواعاً أخرى منها تسمى (الهندسة القطع الزائـد – Hyperbolic Geometry) و (هندسة القطع الناقص – Elliptic Geonetry) وأهم وأبسط ما يفرق بين الثلاثة هـي مواصفـات الخطين المتوازيين، ففي حـين أنهما لا يتلاقيان مهما امتدا في الهندسة الإقليديـة، تجدهما يفترقان في هندسة القطع الزائد ويتقاطعان في هندسة القطع الناقص.

(2) (Non–Communative or Non–Commutative Algebra) – هو مفهوم الجبر اللاتبادلي والذي يمكن تفسيره بالبديهية التالية: (a x b # b x a) في حين يعترف الجبر الاعتيادي (التبادلي) بها، أي (a×b= b×a). (المترجم).

العظماء) نزعة (كاوس) الذاتية والقسرية للانفراد بأفكاره وتردده (المرضي) في الإفصاح عن بنات أفكاره حين قال:

لقد كانت نزعة (كاوس) للغموض قاتلة، وكادت أن تودي بعبقريته الخارقة، فعلى رغم علو شأن نظريته البديعة حول (الأعداد الأولية - Prime Numbers) ووضعه لقانونها وإلى حد أي رقم حقيقي (N) بصيغة (الدالة اللوغارثمية)، فلم نجده قد كتبها إلا بأحرف صغيرة وأرقام غائرة على طارف الصفحة الأخيرة لغلاف كتابه في اللوغارتمات!! ولا نكاد نصدق أنه لم يُبَلّغ أحداً بما اكتشفه أبداً رغم أهمية ذلك الاكتشاف!! ولكن معظم العالم كان قد سمع بـ.. وقرأ جُملته الغامضة المقتضبة والتي ذكرها بذاك الخصوص: (لا يمكن لكم أن تتخيلوا ابداً، فضلاً على أن تتذوقوا عذوبة الشعر وروعة الجرْس المُختبيء ما بين زوايا مربعات جداول اللوغارثم!!)).

لقد بين (ديفد ساموئيل - David Samwels) في كتابه (النظرية الجامعة -Knit theory) وفسر ميل (كاوس) لعدم نشره لاكتشافاته بخصوص (هندسة القطع الزائد - Hypebolic Geometry) والخطأ الذي اقترفه من جراء ذلك بما يلي:

((لقد فهم الرياضي العتيد (كارل كاوس) مبدأ وفكرة هندسة القطع الزائد فهما تاماً واستوعبها استيعاباً وافياً منذ عام (1816)... ولكنه لم يتوقع ولم يأمل أن تكون فكرة تفسيره لعالم مبتعد عن نفسه وفي كافة نقاطه.... (عالم سيكون في تصوره أقرب ما يكون لكرة منعكسة مبتعدة عن نفسها ومضادة لذاتها) متقبلة ومهضومة من قبل معاصريه وعليه لم يقم بنشرها أبداً.... دارت الأيام ومرت الليالي حتى توصل إلى ذات الفكرة وأعاد اكتشافها وقام بنشرها بالفعل كل من الرياضي المجري [جونوس بولاي - Janos Bolyai (1802-1860)] والرياضي الروسي [نيكولاي لوباشفسكي -Nikolai Lobachevsky (1792-1856)) كل على انفراد في عام 1825. أي بعد ابتكارها من قبل كاوس بتسع سنين!)).

لم يتوقف العلماء والباحثون عن اكتشاف وتقييم العديد الجم من اكتشافاته العلمية الرائدة

وإيجاد وتعظيم الكثير الكثير من نظرياته الرياضية الخالدة حتى بعد وفاته وذلك بمراجعة دفتر ملاحظاته الخاصة والذي كان هو قد فشل بنشرها وتعميمها خلال فترة حياته.... ولقد بلغت إنجازاته الفكرية تلك من الكثرة بحيث أدامت زخمه الفكري وعمّقت صيته العلمي بعد مغادرته عالمنا الفاني ولطوال ما تبقى من القرن التاسع عشر!!، لقد شُبّه دماغ كاوس وعقله كالانفجار المتسلسل المستمر في أحد معامل (صناعة النظريات والأفكار الرياضية) والذي خلّف (جبالاً) من المعلومات (وأطنانا) من النظريات المبعثرة هنا وهناك، الأمر الذي استلزم من (البشر البسطاء) السياحة والتنقل عبر حطام ركامه وأكوام نفائسه لفهم طلاسمه ولانتقاء جواهره من بين أطلاله عشرات من السنين.

لقد أفصح عن ولعه وهيامه بموضوع الرياضيات في رسالة قصيرة بعث بها إلى صديقه وكاتب سيرته الذاتية [سارتوريس فون فالترشوزن Sartorius Von Waltershausen (1809–1876)] والذي حفظ أسراره وأفكاره في كتابه الرائع (كاوس الأسطورة – Gauss Zum Gedachtinss) والذي نشر في عام (1850) حين قال:

((لا أشك مطلقا بأن الحساب هو سيد وملك علوم الرياضيات، وأن الرياضيات هي سيدة وملكة كافة العلوم وعلى الإطلاق، قد تُقْدم على بعض التنازلات هنا لخدمة (علوم الفلك) وقد تتفضل ببعض العون هناك (للجيولوجيا والهندسة وغيرهما من العلوم)، إلا أنها تظل وبكل المقاييس وعلى كافة الصَعَد الآمرة الناهية الأولى والأهم وعلى كافة المستويات فهي مليكتهن جميعاً)).

ولقد نقل المؤلف، وفي نفس الكتاب السابق قول (كاوس) مازحاً، بأن هناك العديد من الشؤون الرياضية والمسائل الفكرية التي توجب علينا مناقشتها وحلها في (حياتنا الأخرى) إذ ليس هناك ما يكفي من الوقت (أو حتى من الإدراك) لبلوغ ذلك في حياتنا الدنيا هذه...!!

((دأب كاوس على ذكر... وأصر على اعتبار الأبعاد الثلاثة التي تميز عالمنا الواقعي... هي من مواصفات – أو حتى قصور – أرواحنا وكياننا كبشر، وكان كثيراً ما يضرب المثال الذي يفترض فيه أننا كائنات تعيش في... وتدرك فقط بعدين اثنين لا ثلاث... عندها –

يقـول كاوس - لابد وأن تنظر إلينا الكائنـات الأخرى - والتي تعيش بأبعاد ثلاث نظرة مختلفـة مغايرة... وبضــمن نفس المبدأ وعلى ذات المنوال - لابـد وأن تنظر لنا الكائنات التي تعيش وتدرك أبعاداً أكثر بصـورة تختلف عما ننظر نحن بها للأنفسنـا... والخلاصة - يكمـل كاوس مازحاً - إني لعلي يقين بأن هناك العديد من الأفكار والكثير من الحالات التي أؤجلها الآن واركنها، بل وحتى أضعها على الرف أملاً بأن (أُبعث) من جديد وبكيان أرقى وبإدراك - أكثر أبعاداً - لأُعيد دراستها وتحليلها هندسيا بأسلوب أدق...)).

لطالما شغف كاوس أيضاً باللغات وكان لها عليه جاذبية خاصة وكان له بها ولعاً غامراً، فبُرغم كونـه ألماني المولد واللغـة إلا أنه بدأ بدراسة اللغة (السنسكريتيـه - Sanskrit)[1] في حوالـي عــام (1840) أي عندما بلغ الثالثــة والستين من عمره، وكان قد بدأ بالفعل في السنة السابقة أي في عــام (1839) وعندما كان عمـره اثنين وستين عاماً بدراسة اللغـة الروسية والتي أتقنها وصار يستخدمها في مراسلاته مع أصدقائه الروس بعد سنتين فقط، والحقيقة أنه من بين الأسبـاب التــــي دفعته لدراســة الروسية كانت رغبته الملحة لقراءة وفهم أعمــال الرياضي الروسي الفذ [نيكـولاي لوباشفسكـي (1856-1792) Nikolai Lobachevsky] وحقيقة تصوره ومـا كتبه بلغته الأصليــة عــن الهندســـة اللاإقليديـــة. كمــا تعلــم وأتقن اللغة الإنكليزية حتى أكمــل قُبيــل انتهــــاء رحلــة حياته رائعة الكاتب الشهير (ادوارد كيبون - Edward Gibbon) تاريخ اضمحلال وسقوط الأمبراطورية الرومانية.

لقد كان (كاوس) من المؤمنين بخلود الروح ووجود الحساب والحياة بعد الممات والجنة والنار، كمــا آمن بوجود الله الواحد الصمد (سبحانه) والذي ليس كمثله شيء. عانى من أعراض هبوط عضلة القلب وعجزها قُبيل رحيله من هذه الدنيا وسرعان ما ودّعها عن عمر ناهز الثامنة والسبعين بقليل. طويت صفحته وفاضت روحه في اليوم الثالث والعشرين من شهر شباط (فبراير) من عام

(1) Sanskrit- تعتبر اللغة السنسكريتيه - وهي من اللغات الاندوآريد، لغة القداسة والتدين لكل من البوذية والهندوسية، وهي واحدة من (22) لغة منطوقة في الهند ومن ضمن لغاته الرسمية الأربع التي تضم بالإضافة إليها لغات التاميلي (Tamil) والتلوكو (Telugo) والكانادا (Kanada). (المترجم)

(1855) وقد حفّ به أهله وأحاط به أحبابه، أما جنازته وتشييعه إلى مثواه الأخير فقد تأخر لأيام ثلاث أفسحت المجال أمـام تلامذته ومريديه وخلانه ومحبيه من حضورها، كما حضرها العديد مـن أعيان بلدته (ومسقط رأسـه) وبسطائها، وقد أبّنه عند مثواه الأخـير صديقه العزيز وكاتب سيرته الذاتية (سارتوس فون فالترهاوزن – Sartus von Waltershausen).

أُطلــق اسمـــه تخليــداً لذكـراه وتبجيلاً لمقامه على إحدى فوهـات القمر بقطر 177 كيلومتراً وقد تمت المصادقة على تلك التسمية من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عـام (1935)، كما أطلق اسمه على أحد المذنبات وهو [كاوسيا (1001) Gaussia]. وسميـت باسمه كذلك واحدة من صغـار القشريـات، وهـي حيـوانـات بحريـة مـن فصيلة (مجذافية الأرجـل – Copepoda)، (وهي عائلة من القشريات التي ينتمي إليها كل مـن السرطان وجراد البحر) والتي تمتاز بقابليتها على إصدار نوع من (البريق الحيوي الذاتي Bioluminescnce). أما سبب تسمية ذلك الحيوان القشري باسم عالمنا الرياضي الجليل فيعـود إلى حادثة البعثة الألمانية لاكتشاف القطب الجنوبي في الفترة (1901–1903) والتي أبحـرت على متن باخرة قطبيـة اسمها (كاوس). لم تُنشر وقائـع وحقائق المكتشفات المهمة لتلك البعثة إلا بعد ثلاثين عاماً أي في عام (1930)، فكانت بذلك خير شبيه بمذكرات كاوس نفسه والتي لم تُفصح عن مكنونات وجواهر محتوياتها إلا بعد وفاته بفترة طويلة، وبالفعل فقد احتـوت مذكرات (السفينـة القطبية – كاوس) حقائق عن اكتشـاف العديد من المخلوقات البحرية التي كانت قد اكتشفت وسجلت لأول مرة مثل (الحيوان القشري الكوبيبود) إضافة إلى الكثير من الفصائل الأخرى التي حملت ذات الاسم كذلك.

لقد حُفظ دماغ (كاوس) في الكحول وتم تشريحه بعد وفاته بفترة قصيرة كمحاولة للوقوف علـى سر عظمة ذلك الرجل، وبمجـرد وزنه ظهر بلوغه (1492 غرامـا) في حين يبلغ معدل وزن دمـاغ الرجل حوالي (1360 غراماً)، ومعدل وزن دمـاغ المرأة حوالي (1230غراما) أي أن وزن دماغـه كان أثقـل مـن المعتـاد إضافة إلى وصـف تلافيفه بأنها غايـة في التطور والتعقيـد!! إلا أن إعادة دراسة ذلك الدماغ بإسهـاب ومن خلال البحث الذي نشره علماء

وباحثو معهد (ماكس بلانك للكيمياء الحيوية الفيزيائية) في أمريكا بالتعاون مع علماء آخرين من جامعة (كوتنكن - Gottingen) في ألمانيا، أظهرت نتائج دراسات المقاطع المنظمة المجراة عليه بواسطة جهاز الرنين المقطعي المغناطيسي (Magnetic Resonance Tomography) عدم وجود أي تضاريس غير اعتيادية ولا وجود لأي أجزاء إضافية في دماغ (كاوس)، أي أن دماغه كان (طبيعيا) تماماً. أثبتت هذه الدراسة عكس الحقيقة التي أثبتتها دراسة دماغ (اينشتين) على سبيل المثال، والتي أظهرت وجود شذوذ ملحوظ في الأخدود الدماغي المعروف (بأخدود سلفيا - Sylvian Fissure) لديه، بينما كان طبيعياً تماماً في حالة (كاوس). نُشرت تلك الدراسة في دورية [مقدمات عام 1999 لجمعية أحياء ذكراه (كاوس)].

لقد خُلّد اسمه بإطلاقه على إحدى فوهات القمر وعلى بعض القشريات البحرية، كما أُطلق على وحدة كثافة الفيض المغناطيسي (The Unit of Magnetic Flux Density). لقد كُرِّم (كاوس) كذلك بإطلاق اسمه على إحدى الدوال المستخدمة في مجالات الإحصاء والاحتمالات و(معادلات التفاضل الجزئية - Partial Differential Equations)[1] وهي (دالة كاوس للزيغ - Gauss Error Function) وبالإمكان التعبير عنها رياضياً كما يلي:

$$\mathrm{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2}\,dt.$$

وسمّيت باسمه كذلك (دالة كاوس للهندسة الفائقة - The Gauss Hypergeometric Function)[2] وهي:

$${}_pF_q(a_1, \ldots a_p; b_1, \ldots, b_q; x).$$

(1) Partial Differential Equations - هي مجموعة من المعادلات التفاضلية الحسابية التي تحتوي دالة أو دوال بعدة مجاهيل مع مشتقاتها الجزئية نسبة إلى تلك المجاهيل، وتستعمل لبناء ومن ثم لحل المسائل الحاوية على دوال بمجاهيل متعددة كالتي نصادفها في مواضيع انتشار الصوت و الحرارة والكهربائية المستقرة والمتغيرة وحركة الموائع ومسائل المرونة والمطاوعة. وقد يظهر اكتساب بعض الظواهر الفيزيائية المختلفة (لتكوينات أو) تصرفات رياضية متطابقة، تمكننا من استنتاج ديناميكية واحدة لأساس تصرفها.

(2) Supergeomety - Hypergeometry - هي عبارة عن هندسة تفاضلية لمجالات رياضية غير تقليدية مثل ما فوق الجبر النمطي (Over Graded Commutative Algebra) ورياضيات ما فوق التماثل (Supermanifolds) والتماثل الرتبي (Graded Manifoldes) وتنتمي لزمرة النظريات الكلاسيكية (Clasical) والكميمة (quantum) للمجالات غير الاعتيادية. (المترجم).

وتعـرّف هـذه الدالة بمفهوم متواليـة الهندسة الفائقة والتي تكتب كنسبـة للحدود المتوالية التالية:

$$\frac{c_{k+1}}{c_k} = \frac{P(k)}{Q(k)} = \frac{(k+\alpha_1)(k+\alpha_2)\ldots(k+\alpha_p)}{(k+b_1)(k+b_2)\ldots(k+b_q)(k+1)}\,x.$$

تُقابل الدالة $[({}_2F_1(a;b;c;x)]$ ما قيمته $p = 2$ و $q = 1$ وتعرف بـ (دالة كاوس) للهندسة الفائقة وكانت أول دالة دُرست من هذا النوع.

وهناك دالة أخرى سميت باسمه وهي (دالة كاوس – Gaussian Function) وتأخذ الشكل الرياضي التالي:

$$f(x) = a^{e-(x-b)^{2/c^2}}$$

وتطبق على ثوابت حقيقية من نوع $a > 0$ (أي أكبر من) صفر، b ،c.

وهنـاك (توزيع كاوس – Gaussian Distribution) للمتغـير الحاوي على (معدل – Mean) يسـاوي (M) و (منـوال – Variance) هـو $\sigma 2$ ويُعبّر عنـه بدالة احتمالية (Probability Function)) يمكن كتابتها رياضياً على الشكل التالي:

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/(2\sigma^2)}$$

(وتوزيع كاوس) هـذا هـو ما يطلـق عليـه، فـي علـــوم الإحصاء والدراسات الاجتماعية وبقيـة المواقع والعلوم أيضاً مسمـى (التوزيع الطبيعـي – Normal Distribution) أو (المنحنى الجَرَسي – Bell Curve) أي على شكل الناقوس الكبير.

وهناك أيضـاً (ثابت كاوس للجاذبيـة – Gaussian Gravitational Constant) ويساوي ($K = 0.01720209895\ A^{3/2}\ S^{-1}/2\ D^{-1}$)

حيـث يمثل A – معدل نصف قطر مدار الأرض حول الشمس و D – معدل فترة دوران الأرض حول محورها نسبة إلى الشمس و S – معدل كتلة الشمس. وإذا عجبت وأصابك الصـداع من كثرة وتعقيد ما أُلحق باسم (كاوس) مـن حـدود، فعجباً قول (كاوس) بوجود (القيمـة اللانهائيـة القابلة للقياس – A Measurable Infinity) وقد عبر عليها بالرقم

التالي واتخذت من اسمه عنواناً لها:

$$\Gamma = 9^{9^{9^{9}}}$$

وهو الرقم الحاوي على عدد مراتب يساوي

$$10^{369،693،100}$$

وهذا رقم مهول يستحيل تخيل مقداره، فهو يفوق ما يحتوي كامل كوننا المرئي من ذرات. وإذا ما طبعت مراتبه بصورة اعتيادية أفقية على شريط من الورق، لبلغ طول ذلك الشريط:

$$10^{369،693،094}$$

ميلا. حسب ما أقره الرياضي والكاتب (جوزف مداشي – Joseph Madachy)، وإذا ما كان سُمك (الحبر) المستعمل في طباعة ذلك الرقم لا يتجاوز الذرة الواحدة، فإن المادة الموجودة في (مليون) نسخة من كوننا المرئي سوف تحمل عدد ذرات دون ما تتطلبه طباعته!!... ومع ذلك فقد توصل العلماء والرياضيون – ولك أن تعجب أيما عجب – إلى تحديد المراتب العشرة الأخيرة من ذلك العملاق الرقمي الهائل باستعمال الحواسيب الضخمة فكان؛ 1،045،865،289.

وقبل أن نودع (كاوس) ونختتم مدخله هذا (والذي لابد وأن أصاب بعضنا بالصداع والدوار!)، أجد من المناسب جداً أن أذكّركم هنا بأن العديد من عظماء الرياضيين والعلماء – إضافة إلى (كاوس) ومن أمثال [سرينيفازا رامنوجان Srinivasa Ramanujan 1887–1920][1]

و[جيمس هوب وود جينز James Hopewood Jeans (1877–1946)][2]

(1) رياضي هندي عصامي، وعبقري اعتمد على نفسه في تعليم نفسه، وتمكن – من دون أدنى تدريب رياضي مسبق – من ابتكار الكثير من الأفكار الرياضية في حقول التحليل الرياضي (Mathematical Analysis) ونظرية الأرقام (Numbers Theory of) والكسور المستمرة (Continued Fractions) والمتواليات اللانهائية (Infinite Series). المترجم.

(2) فيزيائي وفلكي ورياضي إنكليزي من عائلة عريقة، نال تعليماً مرموقاً في المدارس والجامعات الإنكليزية مثل كمبردج (Cambridge) وكلية ترنتي (Trinity) ودرس فيهما، وكان أستاذاً للرياضيات وقد نال لقب (فارس – Sir).(المترجم).

و[جـــورج كانتـــور (George Cantor (1845-1918][1] و[بليـز باسكـال (Blaise Pascal (1623-1662][2] و [جـون ليتـــل وود- John Littlewood 1885-1977][3] - الذيـن آمنـوا جميعاً بـأن عبقريتهـم ونبوغهم إنمـا هو نعمة مقدسة ونفحـة إلهيـة مُعجزة، وكما سبق ذكره فإن (كاوس) نفسه كان قـد أفصح غير ذات مرة بأنه وحـين يتوصل إلى إثبات نظرية حسابيـة و/أو تأكيد موضوعات رياضية؛ بأن ذلك لم يتم أبدا جراء الجهد والتفكير والعناء، وإنما تم بسهولة تامة وانسيابية مطلقة لا يسعه إلا أن يحمد المولى (عز وجل) على منحه هذه الموهبة فهي منه وهو (سبحانه) يُحمد عليها أولا وأخيراً.

وختاماً فقد وصف (فيلكس كلن - Felix Klein) منزلةَ (كاوس) وما مثّله بالنسبة للعالم ولأساطـين العلوم عبر العصور في محاضراته حول تطور العلـوم الرياضية والتي ألقاها خلال الفـترة (1914-1919) وجمعها (جورج ام. راسياس - Georye M. Rassias) في كتابه الرائع الموسوم (الإرث الرياضي لـ سي. اف. كاوس) بما يلي:

((لقـد أُعجب كاوس كل الإعجاب باثنين (لا ثالث لهما) من أسـاطين الرياضـيات والعلوم واتخذهما مثلا له في حياته. أما هو فقد شاركهما بتمتعه بحياته الطويلة - كما تمتعا - ... والتي مكنته من تطوير ذاته وقدراته وشخصيته وإثبات إمكانياته وتوكيدها تماماً، لقد بلور (ارخميدس) شخصية الإنجازات العلمية التقليدية طوال الزمن القديم، وابتدع (نيوتن) أسـس الرياضـيات الحديثة التي هي عماد نهضتنا اليوم، أما (كاوس) فكان حامل شعلة مخاض وولادة مبادئ الرياضيات المستقبلية ورافع راية سيادتها)).

---

(1) رياضـي ألمانـي ولـد في روسيـا. أشهر ما عرف بـه هـو ابتكـاره (لنظريـة المجموعات - Set Theory) والتي أصبحـت من أساسيات علوم الرياضيات، بيّن أهمية العناصر ضمن المجموعات وعرّف (اللانهاية - Infinity) والمجاميع جيدة التنظيـم (Well - Ordered Sets) وأثبت أن (الأعـداد الحقيقية - Real Numbers) تفوق (الأعداد الطبعية - Natural Numbers) -عدداً- (المترجم)..

(2) رياضـي وفيزياني وفيلسوف لاهوتـي فرنسي، ولد طفلا موهوباً ولـد العديد من المساهمات العلميـة كبنـاء الحواسيـب الميكانيكيـة. درس الموائع، ووضـح مفاهيـم (الضغـط - Pressure) و(الفراغ - Vacum). وكتب ودافع عن الأسلوب العلمي في البحث. (المترجم).

(3) رياضـي بريطاني ولـد في مدينة (كنت - Kent) ودرس في لندن وعُرف بمساهماته في (النظرية المثالية - Ideal Theory). كان عضواً في الجمعية الملكية وأستاذا للرياضيات في (كمبردج). (المترجم).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Bell, E. T., *Men of Mathematics: The Lives and Achievements of the Great Mathematicians from Zeno to Poincaré* (New York, Touchstone, reissue edition, 1986).

Bühler, W. K., *Gauss, a Biographical Study* (New York: Springer, 2005).

Dunnington, G. Waldo, *Carl Frederich Gauss: Titan of Science* (New York: Hafner Publishing, 1955; reprint edition, Washington, D.C.: Mathematical Association of America, 2004).

Dunnington, G. Waldo, "The Sesquicentennial of the Birth of Gauss," *Scientific Monthly*, 24: 402-414, May 1927: see www mathsong.com/cfgauss/Dunnington/1927/.

du Sautoy, Marcus, *The Music of the Primes: Searching to Solve the Greatest Mystery in Mathematics* (New York: Harper Perennial, 2004).

Hall, Tord, *Carl Friedrich Gauss* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1970).

Hayes, Brian, "Gauss's Day of Reckoning," *American Scientist*, 94(3), 200, May/June 2006; see www.americanscientist.org/template/AssetDetail/assetid/50686.

Madachy, Joseph S. *Madachy's Mathematical Recreations* (New York: Dover, 1979)

May, Kenneth O., "Carl Gauss," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970)

Newman, James R. (ed.) *The World of Mathematics* (New York: Simon and Schuster, 1956)

Rassias, George M., *The Mathematical Heritage of C. F. Gauss* (River Edge, N.J.: World Scientific, 1991).

Samuels, David, "Knit Theory," *Discover Magazine*, 27(3): 41—42, March 2006.

Tent, M. B. W., *Prince of Mathematics: Carl Friedrich Gauss* (Wellesley, Mass.: A. K. Peters, Ltd., 2006).

von Waltershausen, Sartorius, *Gauss zum Gedächtniss* (Leipzig, 1856).

Wilson, Curtis, "Carl Friedrich Gauss," in *Landmark Writings in Western Mathematics 1640-1940*, Ivor Grattan-Guinness, editor (Amsterdam: Elsevier, 2005)

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• يسألني الناس وطلابي أينما حللت: أستبلغ غايتك النهائية من حب الفيزياء وعشقها باكتشافك لقوانينها النهائية؟ فأجيبهم فوراً (كلا أبداً!!)، إن كل همي كإنسان أولا وفيزيائي ثانياً أن أحاول معرفة المزيد عن هذا العالم الثر الجميل الذي أعيش فيه. ولكن إن كان هناك قوانين نهائية بإمكانها تفسير كافة ظواهره (وعجائبه) وبأسلوب مقنع، سأتمكن من اكتشافها في طريقي إلى هدفي ذاك، فليكن!... إن ذلك سيكون - وبلاشك - شيئاً جميلاً ومدعاة لسعادتي. ولكن... إن ظهر إلينا - وبعد أن أعيانا بحثنا وتمحيصنا وكافة جهودنا التي بذلناها لاكتشاف قوانين الكون، بأنها عبارة عن الملايين من (أوراق البصل)

المتطابقة على بعضها وكلما فتحنا لغز طبقه ظهرت لنا أخرى، وهكذا إلى مالا نهاية... حينها لن يكون لي حاجة (بالقانون النهائي)... وسيتصرف الكون على سجيته... وليكن له ما يريد...

فينمن

Richard Feynman، (The Pleasure of Finding Things Out، The Best Short Works of Richard P. Feynman).

مقتبسة من كتابه - (مُتعة اكتشاف الأشياء: خيروأقصر أعمال فينمن)

• لاشك أن فكرة إيجاد مجموعة القوانين النهائية السرمدية التي ستحكم كافة عظائم أمور الكون ودقائقها ستكون لا فكرة جليلة فحسب، وإنما إنجازاً مدهشاً مذهلاً خلاباً كذلك...

ولكن أستمكن بذلك حقاً من التملص من سطوة الفلسفة وقبضة الأديان؟؟

لقد توصل الفلاسفة وبعد كثير تفكير وعميق تمحيص إلى الجدل المنطقي الذي مفاده بأننا سوف نستطيع دائماً - وبتقدم العلوم والتكنولوجيا - التحقق من صدق تنبؤات وتوقعات القوانين الفيزيائية للطبيعة وسنتأكد من صدقها في ذلك أو تناقضها معها وفشلها، ولكننا بالمقابل - يقول المنطق - لن نتمكن أبداً من إثبات واقع جوهر أي قانون سابق أو لاحق بأنه سيكون صائباً وعلى حق دائماً وأبداً. وبناء على ذلك إذا رسُخ في أذهاننا أنه في استطاعتنا أن نتوصل إلى مثل تلك الرزمة من القوانين السرمدية المطلقة كاملة الصحة، فإننا والحالة هذه سنكون قد اختططنا لأنفسنا طريقاً مسدوداً سلكناه مناقضاً تمام التناقض مع حُجة المنطق وقوة الدليل... وسيستحيل علينا إثبات وجوده فضلا على صحته.

سمولن

Lee Smolin، (Never Say Always)، New Scientist September 23، 2006

مقتطف من مقالة له بعنوان: (لا تقل دائماً أبداً)، نشرت في مجلة (نيوسينتست).

• لكل شيء ظاهر وباطن[1] وظاهر الفيزياء وما نراه منها جميل خلاب آسر، فهو يُفسِّر لنا كيف نبني طائراتنا

(1) تقول أقدم أسطورة سومرية مكتوبة على الرقم الطينية بالكتابة المسمارية بأن الإله (سبحانه وتعالى) كان قد صنع البشر - أولا من صلصال على شكل جرار لماعة جميلة... ولما ترك الجرار لتجف جاءت الوحوش والأشرار فعجبت لذلك الخلق وحسدته فعملت على تشويه خارجه الأملس الناصع اللماع براثنها، ولكنها خافت أشد الخوف لما جاء الإله ليرى بديع صنعه فقلبتها جميعا باطنها ظاهرها لتخفي القبح والتشوه الذي أحدثته فيها، وهكذا كان الإنسان. (المترجم - كاستعارة مجازية -).

وكيف نفرح حين تدور كرة القدم إهليجياً لتستقر في زاوية الهدف (القاتلة) في مباراة مهمة، كما وتُفسر لنا رشاقة الإلكترونات في دورانها ورقصها حول نواتها وتُبيّن لنا طبيعة قفزاتها المنتظمة من وإلى مداراتها المعلومة باعثة لنا بألوان طيف الضياء.... ولكن لا أظنني قابلت أقبح ولا أمكر ولا أصعب من تفاصيل ودقائق بواطنها، فلم علينا فيها أن نتخلى عن مفهومنا (الإقليدي) التقليدي ونحاول فهم (حقيقة) أن (4 # 3 + 1)، أو لم لابد علينا أن نحسب وزن (الكوارك الأعلى - Top Quark)[1] بما يقارب الـ (40) ضعفاً لوزن أخيه التوأم (الكوارك الأسفل - The Bottom Quark)....؟

جونسن

George Johnson. (Why Fundemental Physics So Messy?) WIRED magzine. Feberuary. 2007

من مقالته الجميلة - لم على الفيزياء الأساسية أن تكون بهذه الفوضى - عن مجلة ويرد.

(1) Quark - هو جسيم ابتدائي يعتقد بتكوينه للمادة ككل. تتحد الكواركات لتكوين جسيمات ما دون ذرية أعقد قليلاً تسمى (بالهادرونات Hadrons) وأكثر أنواعها استقرارا هي البروتونات والنيوترونات اللتان تكونان نواة الذرات، واستنادا إلى ظاهرة تعرف باسم (الالتزام بالألوان - Color Confinment) لا يمكن للكواركات أن تتواجد منفصلة وإنما على شكل هادرونات. ويوجد منها ستة أنواع أو (نكهات - Flavors): أعلى(Up) وأسفل (down) و الساحر (Charm) و الغريب (Strange) و الفوق (Top) و تحت (Bottom). أبسطها وأخفها هما (الأعلى والأسفل) وتتحلل الأنواع الأربعة البقية الأثقل ليتحولوا إليها بطريقة تسمى (بتحلل الجسيمات - Particle Decay). أول من ابتكر نموذج الكواركات في الفيزياء بصورة مستقلة كانا (ميوري جل - مان - Mury Gell -Mann) و (جورج زويك - George Zweig) وذلك في عام (1964). (المترجم).

قانون بويسيل لجريان السوائل

POISEUILLE'S LAW OF FLUID FLOW

فرنسا، 1840

يعتمد معدل سرعة جريان أي سائل خلال أي أنبوب على لزوجته وعلى نصف قطر الأنبوب الناقل له وعلى أي تغيير في ضغطه أثناء مساره داخله. من الناحية العملية يتناسب معدل سرعة جريان أي سائل (1) طرديا مع فرق الضغط الحادث بين نهايتي أنبوبه الناقل، و (2) طرديا مع الأس الرابع لنصف قطره الداخلي، و (3) عكسيا مع طول الأنبوب ولزوجة السائل.

محاور ذوات علاقة:

كوثلف هاكن (GOTTHILF HAGEN)، وفلبر فورس (WILBER FORCE)، وقانون هاكن – بويسيل (HAGEN–POISEUILLE LAW).

من أحداث عام 1840

– أكمل الرحالة الشهير ومتسلق الجبال الأمريكي المعروف (شارل ولكيز – Charles Wilkes) ملاحته حول القارة المتجمدة الجنوبية، ضاماً إياها إلى ممتلكات الولايات المتحدة الأمريكية بإكماله لتسلق ما يعرف اليوم بالأراضي التي تحمل اسمه.

– اعتُبرت رحلة (ولكيز) تلك آخر المهام العسكرية البحرية التي نجحت في مخر عباب البحار حول العالم.

– ولد في هذا العام المؤلف الموسيقي العظيم والمايسترو الشهير (بيتر تشايكوفسكي – Peter Tchaikovsky).

– بدأ تدشين طلائع عربات مطاعم السكك الحديدية المؤثثة حديثاً في الولايات المتحدة الأمريكية.

نص القانون وشرحه:

يوفر (قانون بويسيل) معادلة رياضية رشيقة ودقيقة لربط علاقة معدل سرعة جريان أي سائل خلال أنبوب بقطره وبمقدار لزوجة السائل وبتغيره خلاله، وكما يلي:

$$Q = \frac{\pi r^4}{8\mu} \frac{\Delta P}{L}$$

حيث تمثل Q- معدل سرعة جريان السائل خلال الأنبوب و r - نصف قطر الأنبوب الداخلي و P Δ - مقدار فرق ضغط السائل بين نهايتي الأنبوب و L - طول الأنبوب و μ - مقدار لزوجة السائل

يُطلق على هذا القانون اسم (قانون بويسيل) نسبة لعالم وظائف الأعضاء - Physiologist- الفرنسي [جين لوي ماري بويسيل (1799-1869) Jean Louis Marie Poiseuille]. كما يسمى أيضاً (بقانون هاكن - بويسيل) تقديراً للعالم الفيزيائي والمهندس الألماني [كوثلف هنريخ لودفك هاكن (1797-1884) Gotthilf Heinrich Ludwig Hagen] لوصوله إلى ذات الحقائق بخصوص العلاقة السابقة في عام (1839).

قبل انضواء أي سائل أو أنبوب تحت لواء القانون آنف الذكر والذي اشتقه (بويسيل) في عام (1838) ونشره بعد سنتين (1840)، علينا الأخذ بعين الاعتبار العديد من الفرضيات والشروط التي لابد وأن تتوفر في كل من السائل والأنبوب الناقل له، وهي: على السائل أن يكون (طبقيا - Laminar) في انسيابيته (بمعنى أن يكون هادئاً وبدون أي دوامات) وألا يكون قابلاً للانضغاط (بمعنى ألا تتأثر كثافته - زيادة أو نقصاناً - بتغيّر الضغط المُسلّط عليه داخل أنبوبه)، كما ولابد أن يكون مستقراً نسبياً (بمعنى أن سرعة جريانه - في أية نقطة على مساره - تكون مساوية لسرعة جريانه في أية نقطة أخرى)، كما ويفترض بالأنبوب الناقل أن يكون متجانساً تماماً في داخله ومتساوياً في مساحة مقطعة على طوله.

إن لهذا القانون تطبيقات طبية حيوية كثيرة وبالأخص تأثيره على خاصية وكمية جريان سائل الدم في الأوعية الدموية في أنحاء الجسم المختلفة. لاحظ إن للحد المعبر عنه برمز (r) مرفوعاً إلى القوة الرابعة -وهو مقدار نصف قطر الأنبوب مرفوعاً للقوة الرابعة - أهمية قصوى على مدى جريان السائل وكميته Q...

وعليـه فـإن في مضاعفة قطر أنبوب ما فإن كمية السائل المار خلاله (r^4) ستتضاعف ست عشرة مرة!!.

2 (مرفوعة إلى الأس الرابع) 16 = 2×2×2×2

بمعنى عملي آخر فإننا وبمجرد مضاعفة قُطُر خرطوم مياه اعتيادي فإننا سنجنب أنفسنا عناء شـراء (16) أنبوباً آخر مثله إذا مـا أردنا تجهيز نفس الزيادة في مقدار كمية الماء المنقولة خلاله ضمن ذات وحدة الزمن، أما من وجهة النظر الطبية التشخيصية والعلاجية وحتى الاحترازية فـإن لقانون (**بويـسيل**) هذا أهميـة استثنائية حيث بالإمكان استخدامـه لبيان مدى الخطورة القاتلـة التي يمكـن أن تسببها حالة (تصلب الشرايـين – **Atherosclerosis**)، وهي حالة طبية تعرّف ببساطة بأنها ظاهرة وجود بعض الترسبات في بطانة الشرايين نتيجة تقادم العمر والشيخوخة أو الإصابة ببعض الأمراض كارتفاع مناسيب الدهون والكولسيترول في الدم[1] – فلو تصورنا وعـاءً دمويـاً تاجياً (الأوعيـة الدمويـة التاجيـة – **Coronaries** – مسؤولة عن تجهيز الدم للعضلـة القلبية حصراً) مصاباً بهذا المرض وقد نقص قطره الداخلي إلى نصف ما كان عليه قبل الإصابة وحسب، فإن قابليته على تجهيز وتوريد الدم لذلك الجزء من العضلة القلبية المسؤول هو عن ترويته سيقل بمقدار (16) مرة!! وبنفس الطريقة يُفسر قانون (**بويسيل**) سبـب سهولة ارتشاف أي عصير أو مشـروب بواسطة (قشة) أوسع قليـلاً مقارنة (بالقشة) الاعتيادية النحيفة، فعند محاولة الارتشاف من كأس عصير مثلا وبنفس مقدار الجهد وخلال ذات الوقـت، فسيصل إلى فمك (16) ضعفا من كمية السائل إذا استعملت قشة قطرها أكبر بمرة إضافية واحدة فقط عن القشة السابقة!!

وبالاستنـاد إلى قانون (**بويـسيل**) كذلك يمكننـا تفسير وفهم كفاءة الجسـم البشري الهائلة في تنظيـم نسبـة وكميات جريان الدم بين عضـو وآخر. خذ على سبيل المثـال تعرضك إلى إحـدى حالات (الكر أو الفر) والتي يُطلق عليها طبياً وفزيولوجياً باللغة الإنكليزية مصطلح

(1) أو بنتيجة بعض العادات السيئة كتناول الكحول والأطعمة الدسمة والزيوت المشبعة والتدخين. (المترجم).

(Fight or Flight) مثل رؤية حيوان مفترس، عليك الهرب من أمامه، أو تعرضك إلى حالة اعتداء جسدي تُجبرك على التصدي والمقاومة، أو انتظارك خارج صالة الامتحانات الشفوية النهائية، ففي جميع تلك الحالات يُجبَر الجسم البشري (وحتى أجسام جميع اللبائن وكثير من الأحياء الأخرى) على إعادة توزيع الرصيد الدموي المحدود في الجسم وتوجيه جُلّه إلى الأماكن التي لها التأثير المباشر على ديمومة البقاء - لحاجتها المباشرة إلى زيادة تجهيزها بالأوكسجين والغذاء. وبإعادة النظر إلى قانون **(بويسيل)** والتمعن جيداً بالحد (r^4 - نصف قطر الوعاء الدموي مرفوعاً للقوة الرابعة) وتناسبه طرديا مع كمية الدم التي يجلبها لأي عضو محتاج لها، تبرز لنا أهمية ذلك القانون وأثره البين في عملية تقلص وانبساط (بمعنى ضيق وتوسع) الأوعية الدموية وأثرها على كمية الدم المُجهّز. ولهذه العملية أهمية بالغة أيضاً في تنظيم درجة حرارة لُبّ الجسم (بمعنى دواخله وأحشائه المهمة كالقلب والدماغ)، رغم تفاوت و/أو تقلب درجات حرارة المحيط، ففي أيام الشتاء الباردة يعمل جهازنا العصبي على إعطاء الايعازات اللازمة - وفرز المواد الكيمياوية الضرورية والهرمونات - لتقليص أقطار الأوعية الدموية التي تُجهز المناطق الطرفية من الجسم (كالأطراف والجلد) وبذلك يُقلل من كميات الدم (الباردة) الراجعة منها إلى (لُبّ) الجسم وبذلك يحفظ حرارته بمنع تعرض الأعضاء الأكثر أهمية كالقلب والدماغ مثلا إلى هبوط خطير في درجات حرارتها، يؤثر على فعالياتها وبذلك يتعرض كامل كيان الإنسان للخطر. إن للمفعول المضيّق لأقطار الأوعية الدموية التأثير المباشر للشعور بالحرارة العالية لدى استخدام عقار (MDMA)[1] والمسوق تجاريا تحت اسم (اكستاسي - Ecstasy). ينطبق على قانون (بويسيل) ما ينطبق على كثير من قوانين هذا الكتاب من شروط محددة وظروف معلومة واجبة التوفر قبل تطبيقه ضماناً

(1) ADMA- 4،3 مثيلين داي أوكسي مث امفيتامين (C11 H15 NO2) وقد يسمى بـ(ن،ن- ثاني مثيل آرجنين) وهو أحد العقارات المؤثرة على الشخصية والنفسية من عائلة المواد المنشطة (الامفيتامينات - Amphetamines) والمسببة لأعراض انفعالية شعورية واجتماعية وبعض أعراض الهلوسة مع أعراض تغيير الإدراك الذهني للمؤثرات. كما أن له بعض التأثيرات الإيجابية مثل إزالة الرهبة والتردد والخجل والقلق والرهاب، الأمر الذي استُدعي التفكير باستعماله كمادة دوائية مفردة أو مع عقارات نفسية أخرى لعلاج حالات الكآبة المفرطة والقلق الناشئة عن الضغط النفسي الشديد. وهي مادة محظورة. (المترجم).

لصحة تنبؤاته ولصواب نتائج افتراضاته، وعليه فإن دقة هذا القانون عند تطبيقه على التصرف الحيوي الفزيولوجي لأوعية جسم الإنسان الدموية لابد وألا تكون بالدقة التي نفترضها فيه وخصوصاً عندما لا تنطبق الشروط اللازم توفرها - كما أسلفنا- لضمان دقته. ففي جسم الإنسان لا يمكن أن يكون مجرى الدم في أوعيته انسيابيا منتظما أو كما يطلق عليه بالجريان (الطبقي - Laminar) - ويعرف جريان السائل (الطبقي) بأنه خال من الدوامات و/ أو الفقاعات أو امتزاج سوائل أخرى معه بكثافات مختلفة - ويعود سبب عدم اعتبار سريان الدم في أوعيته انسيابيا طبقيا منتظما إلى فعل القلب وتقلصاته المتقطعة والتي تجعل الدم يتدفق بصورة (نَبَضية) فيها من شدة الضغط وانخفاضه وزيادة كمية الدفق وانخفاضها الشيء الكثير الأمر الذي يساعد على تكوين (الدوامات) وعلى الأخص في شرايين الجسم العظيمة (كالابهر - Aorta) حيث تبلغ سرعة الدم فيها مناسيب عالية جداً. وينطبق ذات القول على دراسة المجاري الهوائية الموصلة إلى الرئتين، فعلى الباحثين والدارسين هنا تذكُر حقيقة أن أصل اشتقاق قانون (بويسيل) وعمله تعتمد أصلا على وجود أوعية وأنابيب (صلبة) غير قابلة للانضغاط من جهة، وضرورة كون بطاناتها ملساء منتظمة من جهة ثانية، مع وجوب انعدام تكون الدوامات داخلها وعدم تفرعها... وتفتقر الرئة وكافة قُصيباتها الهوائية وأوعيتها الدموية لكافة تلك الشروط كما هو معلوم. ولكن رغم ذلك فإن لذلك القانون أهمية بالغة في التطبيقات السابقة للكثير من التصاميم التجريبية الحيوية (الحقيقية) والتي يتوقع العلماء والباحثين مواجهتها بالفعل في سبرهم لغور علوم الفيزيولوجيا ووظائف الأعضاء لفهم أفضل لفعالياتها ومن ثم إمكانيتهم لفهم أفضل لتصرفها خلال الحالات المرضية. وعلى كل حال فإن هناك الكثير من التعديلات والمعاملات التي يمكن إضافتها إلى صلب المعادلة للحصول على نتائج أقرب للواقع ولجعل القانون أكثر مطاوعة لتقلبات الحالات (اللامثالية).

يمكن استخدام قانون (بويسيل) عمليا في تحديد مقدار (لزوجة Viscosity) سائل مجهول عند تطبيقه حرفيا، وذلك بإيجاد مقدار وكمية السائل التي يمكن لأنبوب زجاجي ضيق نقلها، ويعبر عنها بالقيمة Q - وتقاس بوحدة السنتيمتر المكعب/دقيقة - وذلك لعدة قيم

مختلفة لفرق الضغط المسلط على نهايتيه ΔP – ويمكن تطبيق ذلك عمليا – ومن ثم بإمكانهم رسم منحنى قيمتي $\Delta P/L$ مع قيمة Q– وللتذكير فإن (L) هو طول ذلك الأنبوب –كنقاط علـى مستوى بياني اعتيـادي بقيم سينية (س) وصادية (ص) للمحورين الأفقي والعمودي علـى التوالي، ومن ثـم إيصال تلك النقاط ببعضها للحصول على مستقيم يمكن حساب ميله (Slop) والذي سيُعيِّن مقدار لزوجة السائل المجهول (ورمزها µ) حسب القانون المذكور.

ومـن الجدير بالذكر هنا تمكـن الأستاذ [ليونيل روبرت ولبرفورس Lionel Robert Wilber Force (1861 -1944] وهـو مدرس علوم الفيزياء في جامعة (لفربول – Liverpool) الإنكليزية في عام (1891) من إدخال التعديلات اللازمة على قانون (بويسيل بحيث صار بالإمكان استعماله لدراسة السوائل الحاوية على (دوامات) في مساراتها.

وللقانـون تطبيقـات متفاوتة متشعبة، سأكتفي بذكر أحدها وهـو الأثير على قلبي – وهو بتقييم جودة ونوعية إفرازات مادة (الرسين – Resin)[1] من الجروح المحدثة في أشجار الأرز العملاقة وذلك عن طريق دراسة كثافتها كما في البحث الموسوم (استعمال قانون – بويسيل – لتقييم نوعية وإنتاج (رسين) أشجار أرز منطقة سلاش – Slash Pine Trees)[2].

قـام العلمـاء فـي ذلك البحـث بتقديـر لزوجـة إفرازات (12) نوع من تلك الأشجار، ومقارنتها بحساب أقطار شعيرات أغصانها الناقلة وتمكنوا من تعيين الأشجار التي تنتج أفضل الأنواع وأغزرها أملاً في إمكانية تكثيرها واستعمال بذورها وفسائلها لزراعة غابات جديدة ذوات مردود اقتصادي وتجاري أوفر.

وللقانون كذلك أهمية بالغة عند تصميم شبكات ري المزروعـات والأراضـي الشاسعة،

(1) Resin او Oleoresin – مـادة هيدروكربونية لزجة صافية تفرزها العديد من النباتات وخاصة الأشجار العملاقة وأشجار الأرز والصنوبـر ولها قيمة صناعية وتجارية بالنظـر لخصائصها ومكوناتها الكيميائية فهي تستعمل كمادة أولية لصناعة المواد الملمعة للأخشـاب (الوارنيش Varnish –) والغراء ولصناعـة العطور، يتحول الرسين إلى مادة العنبـر الصلب عند تحجره ويستعمل في صناعة طلاء الأظافر. (المترجم).

(2) Slash Pine Trees– وهـي غابـات نوع الأشجار الموجود في جنوب شرق الولايات المتحـدة الأمريكية – على الأخص غاباتها في جنوب ولاية (كرولاينا الجنوبية South Carolina) وتمتاز بطولها (30 – 18 مترا) وبأوراقها الإبرية. المترجم.

وذلك لأن باستطالة الأنابيب زيادةً في مقاومتها تنعكس سلبا على كمية الماء المجهزة للمناطق البعيـدة الأمر الذي يستوجب استخدام مضخات أضخم، كما ويُستعمل في تصميم وإنشاء شبكات الماء الصالح للشرب في المدن الكبيرة لسد احتياجاتها (عن طريق استعمال الأنابيب ذوات الأقطار المناسبة).

وأخيراً – ولكي لا نُتّهم من قبل الأطباء بالانحياز التام للفيزياء الصرفة – علينا أن نلوم (قانون بريسيل) للألم والمشاكل التي يسببها احتباس البول أو ضعف مجراه في الإحليل (الواصل ما بين المثانة والفتحة البولية الخارجية) لدى الذكور، بسبب أي تضخم بسيط في غدة (البروستات) التي تحيط به عند منشأة قرب المثانة والتي تضغط عليه ليقل قُطره ولو بنسبة ضئيلة فقط.

للفضوليين فقط:

• هنـاك تطبيق طبي جراحي، ومنقذ أكيد لحيـاة الكثيرين من المصابين بتصلب الشرايين التاجيـة يعتمد على مبدأ تناسب زيادة جريان كميـات الدم الواردة إلى جانب العضلة القلبية المقفـرة (Eschemic) قبل احتشائهـا (Infarcted) بست عشرة مرة إذا ما أمكن توسيع ذلك الشريان لضعف قطره فقط. هذا التطبيق اللامع والملفت لقانون (بويسل) أمكن استعمال البالونـات الملحقة بالمسابر القلبية لتوسيع شرايينها التاجية المتضيقة، وإنقاذ حياة المصابين بها عند الضرورة، (أو من الأفضل قطعاً قبل حدوث مثل تلك الضرورة).

أقوال مأثورة:

– خير ما يُربط به اسم (بويسيل) هو مسيرته جنباً إلى جنب مع كافة علوم وظائف الأعضاء المختصة بدراسة دوران الدم في شرايينها.

بيدرسن

Kurt Pedersen، (Jean Poiseuille)، in Dictionary of Scientific Biography.

من مدخل (بويسلي) في (معجم سير العلماء الذاتية).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولـد الفيزيائي وعـالم وظائف الأعضـاء الفرنسي [جـين بويسيـل Jean Poiseuille 1797-1869] والـذي اشتُهر بتجاربه وأعماله حـول جريان السوائل، في مدينة باريس الفرنسيـة. أختلـف المؤرخـون في تحديـد تاريخ ميـلاده... فهو في عـام (1797) حسب بعض المصادر الفرنسية و(معجم سير العلمـاء الذاتية)، وهو عام (1799) حسب الموسوعة البريطانية. كان والده نجاراً، وأحب هو الدراسة والتفكير والتحصيل العلميين، فقدم طلبه إلى مدرسة (البولي تكنيك العليا) في باريس والتحق بها في عام (1815) واختص في دراسته فيها بموضوعي الفيزياء والرياضيات حتى تخرج منها حائزاً على شهادة الدكتوراه في العلوم بعد ثمان سنوات، أي في عام (1828).

قدّم أطروحته المعنونة (Recberchesur la Force du Coeur Aortique) – (أبحاث حول قوة دفع الدم من قبل الشريان الأبهر المرتبط بالقلب)، وقد بين في عمله ذاك علاقة شهيق الرئة بانخفاض ضغط الدم وزفيرها بارتفاعه. علق (ثوماس سودرفيز – Thomas Soderqvist) على تلك الأطروحة في مقالة نشرتها له دورية (الجديد في العلوم والتكنولوجيا)، قائلاً:

((لقد صـمم (بويسيل) ونفذ آلة فريدة لقياس ضـغط الدم الشرياني البشري، وقام بواسطتها بالعديد من التجارب، والتي وصـفها الكثير من المراقبين المحايدين والمعاصرين له بأنها (تمتاز بدقة عالية ومصـداقية كبيرة، وبإمكان أرقامها ونتائجها الإفصـاح عن نفسها حتى لمن ليس له إلمام ضـليع بالرياضيات). بقي أن نذكر أن ما توصـل هو إليه واستنتجه من تجاربه الكثيرة العديدة كان بعيداً كل البعد عن تصوراته الذاتية وتوقعاته المسبقة، حين وجد أن معدل الضغط الدموي في كل الشرايين الجسـم ومهما بعدت عن القلب يكون متشـابهاً ومتسـاوياً تقريباً. وتعكس هذه الحقيقة تساوي القوة التي يضخ القلب الدم خلالها إلى كافة أنحاء الجسم)).

لقد قام (بويسيل) كذلك بكتابة ونشر العديد من الأوراق العلمية والبحوث القيمة مثل:

- بحث حول منشأ وطبيعة حركة الدم في الأوردة، في عام (1832).

- بحث حول منشأ وطبيعة حركة الدم في الأوعية الشعرية الدموية، في عام (1839).
- بحث حول حركة السوائل في الأنابيب صغيرة الأقطار، في عام (1840).

ولعل أشهر أعماله – وبشهادة الجميع – كانت مُنصبّة على دراسة طبيعة جريان الدم خلال الأوعية والأنابيب الدقيقة، هذا وقد انتخب في عام (1860) عضواً في (أكاديمية العلوم الطبية) في باريس، وفي عام (1860) مفتشاً عاماً للمدارس الابتدائية فيها.

وملخص ما سبق فإن (بويسيل) كان قد تمكن في عام (1838) من اشتقاق القانون المعروف اليوم باسمه عن طريق إجراء العديد من التجارب التي تمكن من نشرها ببحوث مرموقة في عام (1840). ويوفر لنا ذلك القانون العلاقة الرياضية التي تربط معدل مقدار جريان أي سائل (Q) في أنبوب مع درجة لزوجته والقطر الداخلي للأنبوب ومقدار تغير الضغط داخله. وللقانون كذلك العديد من التطبيقات في مجالات العلوم الطبية وعلوم الري.

عمل عالمنا الجليل كذلك على تطوير الأساليب التي كانت متوفرة في زمانه لقياس ضغط الدم عن طريق استعماله (لمضغاط الدم)،– ولكن بغير الصورة التي نعرفها اليوم – كما تمكن من التوصل إلى استعمال مادة (كربونات البوتاسيوم K_2CO_3) كمادة مثبطة للتجلط (أو تخثر الدم) والذي كان كثيرا ما يحدث عند مناطق غرز بعض الأنابيب الزجاجية في الشرايين الطرفية، (وتلك كانت أول طرقه للتعرف على ضغط الدم).

لقد فُتن صاحبنا كل الافتتان بالقوة التي يسلطها القلب على الدم دافعاً إياه خلال الأوعية الدموية وعاملاً على دورانه وتوصيله إلى كل أجزاء الجسم وثناياه، ولما كانت هناك صعوبات جمة تحيط بكل التجارب التي يمكن إجراؤها على الدم كسائل خارج الجسم البشري (بالنظر لميله الشديد للتجلط والتخثر)، فلقد قرر (بويسيل) الاستعاضة عن الأوعية الدموية الحقيقية بإجراء تجاربه بواسطة الأنابيب الزجاجية، والاستعاضة عن الدم بالماء فيها. ولغرض تسليط (الضغط) الضروري الدافع لجريان الماء خلال تلك الأنابيب عمد إلى استخدام الهواء المضغوط للحصول على كميات الماء المطلوبة.... فاكتشف (بعد إجراء العديد من التجارب، قام خلالها بتغيير أقطار الأنابيب المستخدمة وبتعديل الضغوط المسلطة عليها) حقائق جوهرية تخص

مواصفات جريان السوائل وكمياتها خلال تلك الأنابيب،... منها تناسب كمية السائل المار خلال أي أنبوب طرديا مع الضغط المسلط عليه داخله ومع القوة الرابعة لتغير نصف قطره. ولكن القانون الذي نشره (بويسيل) في عام (1840) لم يحدد قيمة ولا طبيعة الثابت الموجود في معادلته وهو [π/8μ] وإنما اكتفى باعتباره ثابتاً لتلك المعادلة ليس إلا.

ومن جهة ثانية كان (بويسيل) قد قام بسلسلة مختلفة أخرى من التجارب توصل من خلالها إلى إثبات اعتماد الكمية المتدفقة من السائل [Q] على درجة حرارته وتناسبها طرديا معها إذا اعتبرنا ثبوت بقية العوامل المؤثرة عليها كضغط السائل ولزوجته وطول أنبوبه.

أبرز (لويس اي. بلو مفيلد – Louis A. Bloomfield) مؤلف كتاب (كيف تعمل الأشياء – فيزياء حياتنا اليومية) أهمية ما توصل إليه (بويسيل) وغرابة الحقيقة الرياضية الواقعة التي اكتشفها حينما قال:

((لا يُعقل أن يكون أحد منا في غفلة عن العوامل المختلفة التي تؤثر على سرعة جريان السوائل في الخراطيم ولا على تأثير لزوجتها عليها، فمن منا لم يلاحظ تأثير فرق الضغط وطول الخرطوم وكثافة السائل عليها؟ فها أنت تنتظر طويلاً لتملأ دلوك عبر خرطوم طويل أو مجرى ماء ضعيف، ومن منا لم يلاحظ بطء تفريغ (العسل مثلا) من فتحة قنينة ضيقة. ولكن العجيب غير المتوقع كان في اعتماد معدل الجريان على القوة الرابعة لنصف قطر ذلك الخرطوم، وهذا ما يستوجب احترام طريقة تفكير (بويسيل) وتقدير دقته في إجراء تجاربه)).

أوضح (بلومفيلد – Bloomfield) بأن أكثر المقاييس شيوعاً في سوق خراطيم مياه الحدائق في الولايات المتحدة الأمريكية هما قياسا (الـ 5/8 انج) و (الـ 3/4انج) ورغم حقيقة كون الفرق بينهما لا يتعدى (6/8–5/8 = 1/8 من الانج) إلا أن لأعرضهما قابلية توصيل ضعف الكمية من الماء تقريبا في خلال نفس الفترة الزمنية.

لقد تمكن عالم ومهندس ضغوط السوائل الألماني (كوثلف هنريخ لودوك هاكن – Gotthilf Heinvich Ludwig Hagan (1747–1884] من التوصل إلى نفس القانون السابق الذي توصل إلى اكتشافه (بُويسيل) ولكن عمله لم يكن منظماً ولم ينل التقدير الذي يستحقه

في حينه، هذا ولم يكن لأي من الرجلين علماً بعمل ودراسات الرجل الآخر أبداً.

لم يُطلق (بويسيل) اسمه على قانونه بنفسه وإنما من قام بذلك كان أستاذ الرياضيات والفيزياء السويسري من جامعة (بال -Basel) - (جاكوب هاكنباخ - Jacob Hagenbach)[1] في عام (1860). وقد تمكن هو وعالم الفيزياء الألماني [فرانز نيومن - Franz Newmann (1798-1895)] من تعيين القيمة الفعلية لثابت معادلة (بويسيل ($\pi/(8\mu$) كل على حدة والتي هي قيد الاستعمال في تجارب وأعمال السوائل اليوم.

اعترافاً من علماء كيمياء الوقت الحاضر وفيزيائييهم بفضل (بويسيل) والمعيته، فقد تم الاتفاق على إطلاق اسم هذا العالم الجليل على وحدة قياس مقدار لزوجة السوائل فصارت تقاس بوحدة (البويس - Poise) وتُعرّف بأنها مقدار المقاومة الذاتية لأي سائل لانسيابيته تحت أي ظرف.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Bloomfield, Louis A., *How Things Work: The Physics of Everyday Life* (Hoboken, N.J : John Wiley & Sons, 2006).

Pedersen, Kurt. "Jean Poiseuille," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Schopmeyer, C. S., François Mergen, and Thomas C. Evans, "Applicability of Poiseuille's Law to Exudation of Oleoresin from Wounds on Slash Pine." *Plant Physiology*, 29(1): 82, 1954.

Soderqvist, Thomas, *The Historiography of Contemporary Science and Technology* (Amsterdam, The Netherlands: Harwood Academic Publishers, 1997).

"Viscosity." Transtronics, Inc.; see xtronics.com/reference/viscosity.htm.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• لا يسعنا عند تطلعنا لروعة السماء واكتظاظها بالنجوم والمجرات، ولا يخطر على بالنا عند إدراكنا لتنوع المخلوقات وكثرة أنواع الأشجار وجمال ضروب الأزهار (علماً بأن ما اكتشفناه منها

(1) تذكر الموسوعة الحرة Wikipedia - اسم مشابه هو عالم الحشرات السويسري والذي ولد في مدينة بال السويسرية وهو [جاكوب يوهان هاكنباخ (- ? 1702). المترجم.

جميعاً لم يبلغ حد الكمال بعد هناك أمامنا وأمام أجيالنا الكثير والكثير مما لم نكتشفه) إلا أن نتصور ميل الطبيعة إلى التنوع والوفرة ونزوعها إلى الكرم والكثرة. وهذا يكفي (برأيي) كدليل صارخ على عظمة الخالق (جل وعلا). بمعنى أن الكون بمجمله قد جُبل على (مبدأ التنوع الفائق – The Principle of Moximum Diversity) والذي يوصل إلينا الحقيقة القائلة بأن في القوانين الكونية التي نكتشفها ونتوصل إليها (وهي قليلة جداً نسبة للتنوع الفائق الذي ينص عليه المبدأ السابق) الرسالة العظيمة المعجزة الواضحة المختصرة بأن كوكبنا هذا الذي نعيش به معجزة بحد ذاته وتجربة تستحق الاكتشاف والتمتع.

ولكن رْغم الحقيقة القائمة بأن الحياة موجودة فعلا (والإنسان مثال عليها)، إلا أن في قانون التنوع الفائق من الضغط والخطورة والتحدي ما يجعلها صعبة جدا لسبب بسيط بيّن هو أن بالغ التنوع والوفرة لابد وأن يقود إلى ذروة التنافس والشدة ولذلك علينا أن نصمد ونحيا ولكن ليس دون عناء وتضحيات.

دايسن

Freeman Dyson، (New Mercies، The Price and Promise of Human progress)، Science & Spirit، July / August، 11 (3)، 17، 2000.

من اقتباس منشور في مجلة (العلميات والروحانيات) عن كتابه الموسوم (الرحمة الجديدة - ثمن التقدم البشري وثمرته).

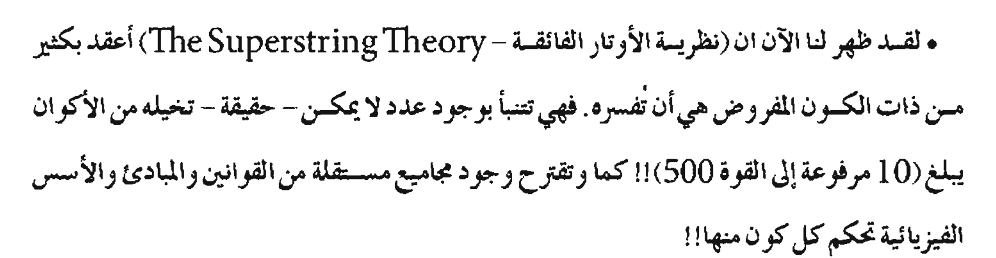
• لا يعني اعتقادك بكفاءة قانون ما ودقته، كونيته وشموليته ولا يعني ذلك أبداً انتماءه للحقائق الكونية السرمدية غير الخاضعة للتغير ولا للتبديل.

ولكن نسبة للعلم الذي توصلنا إليه واعتماداً على الفلسفة التي ننتهجها لابد للتصور الدقيق أن يعتبر الحقيقة السالفة متوالية لا نهائية لا تختلف عناصرها المتعاقبة بعضها عن بعض إلا بمقدار ضئيل جداً يكاد لا يُدرك بسهولة، أو اعتبارها قوانين متغيرة ولكننا لم نتمكن لحد الآن من إدراك ذلك التغير، وعليه أمكننا – ولتقريب مفهومها إلى إدراكنا – التعامل معها كما لو أنها كانت أبدية، سرمدية فعلا....

سمولن

Lee Smolin، (Never Say Always)، New Scientist، September 23، 2006.

من مقالته (لا تقل دائماً أبداً) المنشورة في مجلة (نيوسينست).



• لقد ظهر لنا الآن ان (نظرية الأوتار الفائقة – The Superstring Theory) أعقد بكثير من ذات الكون المفروض هي أن تفسره. فهي تتنبأ بوجود عدد لا يمكن – حقيقة – تخيله من الأكوان يبلغ (10 مرفوعة إلى القوة 500)!! كما وتقترح وجود مجاميع مستقلة من القوانين والمبادئ والأسس الفيزيائية تحكم كل كون منها!!

ولعل في مشابهتها (لطلسم نيروبي – Municipal Code of Nairobi) هو السبب الوحيد الذي يمكن سوقه تفسيراً لإخفاق علماء أعلام من وزن (نيوتن) و(اينشتين) على إدراكها فضلا عن اكتشافها....

لا يسعنا إلا أن نشبه وضع الفيزيائيين لاكتشافاتهم وقوانينهم كالجغرافي الذي حدث وأن وجد نفسه في هذه القطعة من الأرض أو تلك، فوصفها ولم يكن لا حول له ولا قوة في تحديد أصل تواجده فيها أو في أي من البقاع الأخرى التي سبق وأن رسم لها خرائطها....

جونسن

George Johnson، (Why Is Fundemental Physics So Messy ?)

WIRED magazine، Feberuary، 2007.

من مقالته الموسومة (لم على الفيزياء الأساسية أن تمتاز بهذه الفوضى؟).

قانون جول للتسخين والتدفئة الكهربائية

JOULE'S LAW OF ELECTRIC HEATING

إنجلترا، 1840:

تتناسب كمية الحرارة المتولدة من قبل تيار كهربائي منتظم مار عبر موصّـل مع مقاومته ومربع مقداره وزمن مروره.

محاور ذوات علاقة:

جون دالتن (JOHN DALTON)، وقانون كلوزيس للديناميكا الحرارية (GLAUSIUS'S LAW OF THERMODYNAMICS)، وقانونا فراداي للحث الكهرومغناطيسي والتحليل الكهربائـي (FARADAY'S LAWS OF INDCTION AND ELECTROLYSIS)، وقانون فورييه للتوصيل الحراري (FOURIER'S LAW OF HEAT CONDUCTION)، وتأثـير جـول - ثومسـن (THE JOULE - THOMSON EFFECT)، والقانون الأول للديناميكا الحراية (THE FIRST LAW OF THE RMODYNAMICS).

من أحداث عام 1840:

- أصدرت (بريطانيا العظمى) أول طابع بريدي (لاصق) في العالم.
- ولد الفيزيائي الألماني اللامع (فريدريخ كولروش - Frierich Kohlrouch).

[انظر مدخل (قوانين كولروش للتوصيل الكهربائي في المحاليل المتأينة - Kohlrauch's Law of Conductivity) لاحقا (ص 799)].

- منح (صاموئيل مورس - Samuel Morse) براءة الاختراع الأمريكية (لتلغرافه - Telegraph) - وهي آلة إبراق الرسائل النصية عن بعد.

نص القانون وشرحه:

ينص قانون جول للتسخين والتدفئة الكهربائية على أن كمية الحرارة (H) التي يولدها تيار

كهربائي منتظم (I) يمر بموصل يمكن صياغتها وفق المعادلة الرياضية التالية:

$$H = K \cdot R \cdot I^2 \cdot t,$$

حيث يمثل R – مقدار قيمة مقاومة الموصل و I – مقدار التيار المنتظم المار عبره و t – زمن مرور ذلك التيار وإذا حسبت وحدات المقاومة (بالاوم – Ohm) ومقدار التيار (بالأمبير – Ampere) والزمن (بالثانية – Second) والحرارة (بالسعرة الحرارية – Calory) فستبلغ قيمة الثابت (K)0.2390 سعره حرارية/ جول. وإذا قيست الحرارة بوحدات (الجول – Joule) فستبلغ قيمة (K) الواحد (1).

عندما يحدث وأن يمر سيل من الإلكترونات خلال أي مادة موصلة تحتوي على مقاومة معينة (R) فإن الطاقة الكهربائية الكامنة التي يفقدها ذلك السيل ستنتقل إلى مادة الموصل على شكل حرارة. ويمكن تفسير هذه الظاهرة اعتمادا على التركيب والكيان البلوري الذي تشكله ذرات ذلك الموصل، فعندما تزداد وتيرة التصادمات الحادثة ما بين إلكترونات سيل التيار الكهربائي، وإلكترونات الكيان البلوري لمادة الموصل، فإن المدى الحراري لتذبذب تلك الإلكترونات (وضمن ذلك الكيان البلوري) سيزداد، الأمر الذي سيرفع من درجة حرارة ذلك الموصل.

وتسمى هذه الظاهرة بـ (**ظاهرة جول للتسخين الكهربائي**). ومن الملاحظ هنا إمكانية تطبيق هذا القانون على الموصلات اللافلزية، فيمكن – وبكل بساطة – مشاهدة صلاحيته عند التعامل مع أشباه الموصلات، كما وتجدر الإشارة إلى إمكانية تحقيق (ظاهرة تسخين جول) باستخدام التيار المتناوب وذلك بحساب معدل الزمن اللازم لعناصر هذا القانون.

يلعب (قانون جول) و(ظاهرة جول للتسخين الحراري) دوراً رائعاً فيما يُعرف اليوم بتطبيقات (الجراحة الكهربائية – Electrosurgical) والتي تستخدم قُطباً معدنياً لتوليد وتركيز الحرارة فيه وذلك باستعمال التيار الكهربائي مستفيدة من هذا القانون. يمر التيار الكهربائي في هذه الأجهزة عن طريق (قطب حي فعال) خلال الأنسجة الحيوية إلى قطب ثان (متعادل)، وما يقرر المقاومة (الاوميه) لهذه الدائرة الكهربائية (المتولدة من مصدر التيار إلى القطب الحي عبر أنسجة الجسم

إلى القطب المتعادل ثم إلى مصدر التيار مرة أخرى) هي طبيعة ومساحة النسيج الحي الذي يكون بمساس كامل مع قطب تلك الدائرة (وليكن الدم المراد تجلطه و/أو النسيج الشحمي المراد إزالته و/أو النسيج العضلي المراد إيقاف نزفه). تعتمد وتتحدد مجمل مقاومة دائرة القطب الحي الكهربائية بمجمل مقاومة كامل مسار التيار الكهربائي فيها. أما فترة مرور التيار [(المعامل (t) في قانون جول)] فيتم التحكم به ذاتيا بواسطة أصبع الجراح أو قدمه على هيئة قاطع دائرة كهربائية بسيط. كما يتم التحكم بشكل وهيئة (رأس) القطب الكهربائي الفعال في يده وفقاً للغرض والهدف المراد تحقيقه من استعماله، فتُستعمل الأقطاب ذوات الرؤوس المدببة (التي تعمل على تركيز التيار في نقطة محددة دقيقة) لتركيز الحرارة في نقطة صغيرة بذاتها لأغراض وعمليات الشق والقطع وتستعمل الأقطاب ذوات الأسطح المتسعة نسبياً (والتي تعمل على نشر الحرارة على مساحة أعرض) لغرض إيقاف النُزُف.

للفضوليين فقط:

• عند زيارتك لشاهدة قبر (جول) الجاثمة في مقبرة مدينة (سيل - Sale) في مقاطعة (أعالي منشستر - Greater Manchester) في بريطانيا ستقرأ العدد (772.55) منقوشاً عليها. يمثل هذا الرقم قيمة الموازي الميكانيكلي للحرارة الذي اكتشفه جول بنفسه والذي يقاس بوحدة (الفوت - رطل).

• مارس (جول) في حياته بعض التجارب الغريبة وحتى (اللاخلاقية) أحياناً كمثال تلك التجربة التي ربط خلالها خادمته إلى قطبي بطارية كبيرة وطلب منها شرح وتفسير شعورها وما تحس به خلال قيامه بزيادة كمية (القوة الدافعة الكهربائية - الفولتية) المارة عبر جسمها. استمر جول بعمله منتشياً بعلمه وظلت المسكينة صابرة تتحمل ألمها حتى سقطت مغشية عليها.

• لقد سبق العالم والفيزيائي الألماني [جوليس روبرت فون ماير Julius Robert Von Mayer 1814-1878] جول في توصله إلى اكتشاف القيمة المهمة المعروفة باسم (الموازي الميكانيكي للحرارة - 1) (The Mechauical Equivalent of Heat) وإجراء تجاربه بخصوصها إلا أنه

كان غير مُنظماً في أعماله وصاغ ملاحظاته حول تجاربه بلغة ركيكة تفتقر إلى التناسق والدقة وكانت تمتاز بالارتباك فمرت دون ملاحظة تُذكر من قبل المجتمع العلمي. ولما أعلن (جول) عما في جعبته بخصوص هذا (الموازي) وذاع صيته واكتسب من عظيم الشهرة ومئزر الفخر الشيء الكثير واقترن اسم (الموازي الميكانيكي للحرارة) باسمه، أُسقط في يد (ماير) ولم يتحمل رؤية (وليد أفكاره) يُغتصب منه جهراً عياناً فانهار انهياراً عصبياً تاماً وحاول الانتحار (ولحقته قلة دقته إلى هناك....) ففشل حتى في محاولة انتحاره!، الأمر الذي أفضى به في نهاية المطاف مجنوناً في إحدى المصحات العقلية!

أقوال مأثورة:

– لقد أثّر فقر وخواء ذهن (جول) من القابلية الرياضية الفذة القادرة على ردم الهوة الحاصلة بينه وبين التقدم السريع لعلوم (الديناميكا الحرارية – Thermodynamics) والتي كان هو بنفسه قد أرسى أوليات دعائمها، تأثيراً بيناً عليه.... (وكما قيل لا ينتظر الزمان ولا الريح أحداً....) فقد أُسدل بحلول أواسط القرن التاسع عشر الستار عن تسمية العُظماء والرواد ودارت الأضواء لتسلط على رعيل جديد وجيل بارع من الفيزيائيين الجدد الذين زيّنهم وكلل جباههم تملُّكهم لنواصي الموهبة التدريب الرياضي الكلاسيكي والحديث والذي كان ماساً للقفز بأفكارهم الجديدة وبالأفكار الفذة لمن سبقهم إلى ريعان العهد الجديد وسؤدده.

روزنفلد

L. Rosenfeld، (James Joule) in Dictionary of Scientific Biograply.

مقتطف من مدخله المعنون (جيمس جول) في (معجم سير العلماء الذاتية).

– إذا ما آمنا بأن كامل العزة والجلالة وما ينبع منهما من قوة هي بيد الخالق (وحده تبارك وتعالى).... فلي أن أحكم على كل نظرية وأي تجربة يتطلب التفكير أو القيام بها إلغاء (القوة) و/أو مبادئها بالفشل المؤزر....

جول

James Joule، (On the Rerefaction and Condensation of Air)، Philosophical Magazine، 1845

مقتطف من مقالته (تخلخل وتضاغط الهواء) المنشورة في المجلة الفلسفية.

- احتج 717 عالماً (بما فيهم جيمس جول) بعريضة موقعة من قبلهم على الآراء (الداروينية - Darwinism) للنشوء والارتقاء والتي كانت قد تضخمت إلى سيل عرمرم جرفت البلاد والعباد آنذاك حتى صدر الاحتجاج في لندن تحت عنوان (إعلان طلبة العلوم الفيزيائية والطبيعيات) وأكد على إيمان موقعيه واعتقادهم الراسخ بالمنحى العلمي المؤكد - للكتابات المقدسة - وقد ضمت لائحة الموقعين على (86) من زملاء الجمعية الملكية.

كروثر

James C. Crowther، (British Scientists of the Nineteenth Century).

من كتابه: (العلماء البريطانيون في القرن التاسع عشر).

- يصعب علينا اليوم (وبحق) تصور قصة التطور الصاروخي المارق لنجاح وسطوع نجم (جول) وتسنُّمه بسرعة، وحرقه للمراحل ما بين بداياته كهاو بسيط للعلوم وحتى بلوغه لأسمى المراتب العلمية في المجتمع البريطاني، فما كان لعبقرية هذا النابغة ولا لملكاته أن تنمو وتزدهر في ضوء المختبرات العلمية ومراكز البحث الغارقة في لجج الأسلوب العلمي (الحديث) والمكبلة بشباكه. لقد آمن (جول) وبكل بساطة بفكرة وجود المتساويات الكمية لمفاهيم وتجارب وحقائق الحرارة والكيمياء والكهربائية والتأثيرات الميكانيكية فعمل على إثبات وجودها، (ونجح في ذلك).

كروبر

William H. Cropper، (Great Physicists)

مقتطف من كتابه: (فيزيائيون عظام)

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد [الفيزيائي البريطاني: جيمس جول (1818-1889) James Joule] الذي اشتهر بأبحاثه حول حفظ الطاقة وقانونه حول إنتاج الحرارة في المواصلات الكهربائية، في مدينة (سالفورد - Salford) من مقاطعة (منشستر - Manchester) البريطانية. كان والده رجلا ثرياً يملك مصنعاً لتخمير وصناعة الجعة، وقد حرص على تعليم أبنائه - وجيمس

منهـم – تعليماً خاصاً في المنزل فجلـب لهم المدرسين الخصوصيين لتدريسهم حتى إن العالم البريطـاني الشهير [(جون دالـتن – John Dalton) – انظر مدخـل قانون دالتن لضغوط الغـازات الجزئية سابقاً] وخـلال تلك الفترة من عام (1834) وحتى عام (1837)، كان من ضمنهم. لقد عكف (دالتن) على تدريس وتعليم أولاد (صانع الجعة) ما توفر في ذلك الزمان من مبـادئ الرياضيات، وطريقة الأسلوب العلمي في البحـث والشيء الكثير من الكيمياء. ولقـد كتب (جول) نفسه لاحقاً حول تلك الفترة الشيقـة والمثيرة من حياته قائلاً: إني مدين بالكثير الكثير من تبلور شخصيتي وتولد ونمو رغبتي الجامحة في الاستزادة من المعرفة بواسطة البحـث المنهجي المتجدد لأستـاذي الفاضل (دالتن). ومن الجدير بالذكـر أن جذور اهتمام (جـول) وهيامه بالكهربائية كانت أصيلة وقد بـدأت تترعرع معه منذ نعومة أظفاره، فكثير ما كان (جول) الفتى يلهو ويلعب ويلتذ ويقفز مرات ومرات فرحاً لملاحظته نظرات الغرابة والصدمـة على وجوه أصدقائه وحتـى أخيه بعد (صعقهم) بفولتات قليلة من الكهربائية من بطاريـة كان يحملها معه دائماً، كما كان شديد البهجة عظيم السعادة والحبور لدى تعريض خادمات عائلته لتلك الصدمات الموجعة (وفي أماكن مختارة!)، أيضاً.

لقـد عاش (جول) طـوال عمره مسيحياً متدينـاً مؤمناً، وقد تزوج في عـام (1847) من الآنسـة (ألس أميليـا – Alice Amelia) والتي لم تستطع بكل أساليب حبها وفتنة جمالها من الاحتفاظ (بجول) إلى جوارها طوال فترة رحلتهما لقضاء (شهر العسل) في مناطق جبال الألـب الخلابة، ففي تلـك الفترة اختمرت في رأسـه فكرة سـارع إلى اختبارها مع زميل له فوراً بعد أن ترك (العروس الشابة) وحدها أمام مرآتها تغالب وحدتها ودمعتها... فيغالبانها. خـرج جول مع زميله ذاك متسلحان (بمحـرار) ضخم لمحاولة قياس الفرق في درجة حرارة منبـع أحد الشـلالات الضخمة مقارنة بمصبه، ولم ينجحا في تحقيـق مأربهما لأسباب عملية شتـى، فغالبا ما تعثرت قراءاتهما وفشلت قياساتهما بسبب الكميات الهائلة من الرذاذ الذي كان يغطي ويحيط فراغات واسعة حول ذلك الشلال ويملأ الأجواء المحيطة به.

بنـى (جول) فكرتـه تلك على حقيقة وجـوب كون درجة حرارة مصـب الشلال تفوق

درجة حرارة منبعه بسبب تحويل كمية ضخمة من طاقة المياه الساقطة الحركية إلى حرارة لدى اصطدامها بصخـوره، وكان قد توقع قياس فرق درجة حرارة فهرنهايتيه واحدة أعلى، عند كل (800) قدم من مسافة السقوط.

لم تـدم علاقته الزوجية أكثر من سبع سنوات، غـادرت بعدها زوجته (ألس) حياتها الفانية إلى حياتها الأبدية وذلك في عام (1854) بعد أن تركت له في عهدته صبيين. لم يدم حال العائلة الثرية كما هو الحال فسرعان ما باع والده مصنعه بعد وفـاة (ألس) بفترة وجيزة وانفرط عُقد العائلة، فاختار (جول) الركون إلى حياة أكثر استقراراً وأقل إثارة وحركة، قضاها مندمجاً في تجاربه.

كتـب (جـول) في رسالـة لـه إلى دوريـة (الإنجـازات الفلسفيـة Philosophical Transactions) يقول فيها:

((يستطيع أي من قرائكم الأعزاء – وفقط إن حباه الله متعة التواجد والتمتع بكل تلك الجنان اليانعة والمناطق الخلابة التي تحيط بكامل مقاطعتي: (ويلز – Wales) و (سكوتلاند – Scotland) أن يتأكد بنفسه ومن دون أدنى شك من حقيقة ما ذهبت إليه في تجاربي، وذلك بأن يحاول ويقيس الفرق ما بين درجة حرارة منبع شلال ومصبه. ولو صدق حدسي واكتملت تجاربي وحساباتي فإني لأتوقع أن تولّد مسافة سقوط الجسم المائي لأي شلال كبير مقدارها (817) قدماً (أي ما يساوي 249 متراً)، كمية من الحرارة بإمكانها رفع درجة حرارة الشلال بمقدار درجة فهرنهايتيه واحدة، وعليه فإني لأتوقع أن تفوق درجة حرارة مصب نهر (نياكارا – Niagara) منبعه بما لا يقل عن (خُمس الدرجة الفهرنهايتية الواحدة) بسبب سقوطه لمسافة (160 قدماً) أي لما يعادل (48 متراً).)).

لقد أصابت توقعات جول، وكان على حق...، فلقد أثبتت التجارب المقننة، وأضافت إلى معلوماتنا فعلاً حقيقة إمكانية توليد الجسم المائي الساقط (الشلال) لكمية من الحرارة تكون قادرة على رفع درجة حرارته بما يساوي الدرجة الفهرنهايتية الواحدة (أي 0.55 من درجات كالفن المطلقة) لكل (768) قدماً – أي ما يساوي 234 متراً – من مسافة سقوطه.

لقــد كان اهتمام (جول) بالعلوم وإخلاصه وتفانيــه في إجرائه لتجاربه وتوخيه غاية الدقة فيهــا جميعــاً، نابعاً – وبصورة جذرية – من حسن وعمق وصــدق إيمانه، وإليك على سبيل المثال مقتطف من الكلمة التي كان قد حضّرها في عام (1873) ليلقيها أمام الجمعية البريطانية لتقــدم والنهوض بالعلــوم بصفته رئيساً لهــا ولكنه لم يتمكن من ذلــك بسبب توعك حالته الصحية آنذاك، وقد جاء فيها:

((سادتي الأفاضل: إني لعلى يقين بأننا كلنا ملزمون ومسؤولون بعد الاعتراف والإيمان بوجود الله (العلي القدير ســبحانه) والتعرف عليه والخضــوع الكامــل لإرادته (تبارك وتعالى) أن نحاول – وبكل الإخلاص والاجتهاد – معرفة أشياء كثيرة عما أودعه – عز وجــل – من المعجزات والأسرار في مفاهيم وحقائق الحكمة والقوة والخير كإشــارات وعلامات جلية واضحة لما صنعته إرادته. إني لأكرر يقيني وإيماني بأنه لا شك لديّ مطلقاً من توازي وتســاوي حب المعرفة والاســتزادة من القوانين والموجودات الطبيعية وبين التعمق ودراســة الذات الإلهية وإرادتها في غرس تلــك المعرفة في كل زاوية وذرة من زوايا وذرات الكون الذي ابتدعه (سـبحانه)...)).

لقــد ظهرت إمارات نبوغ (جــول) مبكرة وكان قد ابتدأ القيام بأبحاثــه الخاصة ولمّا يتم السنة التاسعــة عشرة من عمره بعــد، واستمر على هذا النهج وداوم على هذا المنوال طوال حياته مزاولا تجاربه الأساسية المهمة في منزله الشخصي وبواسطة أدوات مختبره وتجهيزاته التي بناها بنفسه وعلى نفقته الخاصة دائماً. لقد اشتهر (جول) بدقته في حساباته واهتمامه بتجاربه وأعماله تلك الصفات التي لابد من توفرها في أي باحث مخلص ومبتكر أصيل، ولكن ما فتّ عضُده وعطّل مسيرته كان افتقــاره الشديد للملكة الرياضية وأدواتهــا المتقدمـــة المعقــدة الأمــر الذي أرجعــه القهقرى دائمــاً ومنعــه مــن متابعــة ومواكبــة كل ما هو جديـــد وفعــال فـي علوم ونظريــات (الديناميكا الحرارية Thermodynamics) والتي كانت تخطو الخطوات الواسعة الجبارة نحو الحداثة.

لقــد أبدى جول اهتماماته (ومارسها فعلا) بشؤون الطاقة، وقد يبدو هذا الأمر مفهوماً ومقبولاً جــداً، خصوصــاً خلال ثلاثينيات (1830s) القرن التاسع عشر التــي شهدت بوادر انطلاق الثورة

التقنيــة. لقد بدأت الثورة الصناعية كما هو معلوم معتمدة اعتماداً كاملاً على قوة البُخار المتولد من غليان المياه باستعمال وحرق الأخشاب والفحم الحجري. وقد كان لذاك البخار مقام القلب النابض لإدارة كافــة المكائن البخاريــة وإسطواناتها، ومن هنا نشأت وتجذّرت أهمية فكرة دراسة وحساب مقــدار كفــاءة المكائن البخارية ومدى قابليتهــا الحرة لتحويل طاقة البخــار إلى شغل نافع بواسطتها وكان هذا هو المحرك الشاغل لعلوم الديناميكا الحرارية – Thermodynamics – (راجع لاحقاً مدخــل قانون كلوزيس للديناميكا الحرارية – .Clausius's Law of Thermodynamics)

وقد برز فــي نفــس تلــك الفتــرة أيضــاً العالــم الكيميائــي والفيزيائــي الإنكليزي الشهيــر (ميشيل فــراداي Michael Faraday)، [انظــر سابقــاً (قانونــا فــراداي للحــث والتحليــل الكهربائيــن – Faraday's Law of Induction and Electrolysis]، وقــد اكتشــف ظاهــرة الحــث الكهرومغناطيســي وابتكــر أول ما سيعرف لاحقــاً بالمحرك الكهربائي، وأصبــح المجتمع العلمي والصناعــي وحتى الاعتيادي يتساءل عن العلاقة الدقيقة التي يُمكن أن تجمع ما بين ظاهرتين مهمتين منفصلتين ولكن يمكن أن تكونا مترابطتين، وهما مقدار الشغل المنجز (Work) من قبل أي ماكنة أو آلة متحركة، وبين كمية الحرارة (Heat) التي لابد وأن تُصاحب تحرك أجزائها.

لقــد شغلت (جول) فكرة حفــظ الطاقة على وجه العموم، كمــا شغلته فكرة قوانين حفظ الطاقة الحرارية على وجه الخصوص فنذر لها الكثير من وقته ومارس لسبر أغوارها العديد من التجــارب الطموحة. ومن الاكتشافات المهمة التي كان قد توصــل إليها في أربعينيات القرن التاسع عشر (1840s) هي قابلية ما مقداره (838) قدم– لبرة من الشغل (Work)[1] [2] على تسخين ما وزنه (لبرة واحدة) من الماء ورفع درجة حرارتها (درجة فهرنهايتية واحدة). وبعبارة

---

(1) Work – الشغــل في الفيزيــاء، هو مقــدار الطاقة المنقولة بواسطة قــوة (Force) تعمل لمسافة (Distance) وهــو قيمة غير اتجاهية (Scaler) أول مــن ســك اصطلاحها هو الرياضــي الفرنسي (كاسبر - كوستان كوريولــس – Gaspard – Gustave Coriolis). ويعــرف رياضياً وفقــاً (لنظرية الشغل والطاقة) بأنه مقدار التعبير في الطاقة الحركية لأي جسم صلب، هكذا [$W=Ek_1 \rightarrow Ek_2$] إذا كان [$Ek_1 = \frac{1}{2} m (V_2^2 - V_1^2)$] والشغل في الميكانيكا الحرارية هو مقدار الطاقة المتنقلة من نظام إلى آخر تبعاً لتغير معطياته. (المترجم).

(2) وحدات القدم (foot) واللبرة (Pound) والفهرنهايت (Fahrenheit) هي وحدات قياس المسافة والوزن ودرجة الحرارة علــى التوالي في النظــام الإنكليزي والتي استبدلت بالمتر والكيلوغــرام واللتر ودرجات الحرارة السلسيــة (المئوي) في النظام المتري العالمي. (المترجم).

أوضح فقد تمكن من وضع القيمة المناسبة من (كمية الشغل) اللازم إنجازه لإنتاج وحدة واحدة من وحدات الحرارة. وتبرز أهمية هذه الخطوة كونها تعتبر المرة الأولى التي فكر وحاول، ونجح فيها عالم بقياس كمية الحرارة المقابلة والمساوية تماماً لمقدار معين من (الشغل) الميكانيكي.

وقد ذاع صيت (جول) العلمي وبلغت شهرته (المهنية) الآفاق، الأمر الذي حدا بالجمعية البريطانية لتطوير وتقدم العلوم تكليفه مهمة إيجاد المقابل الميكانيكي الحرارة المتولدة بتأثير إمرار التيار الكهربائي ضمن الموصلات والمقاومات وكان ذلك ضمن سعيها لوضع الثوابت والأسس لتقنين قياس مقادير المقاومة الكهربائية.

لقد توصل (جول) وبعد تجارب كثيرة هذه المرة إلى القيمة (783) وأعتقد بأن الرقم الذي توصل إليه هذه المرة هو أدق مما كان قد توصل إلى حسابه سابقاً باستخدام طريقة (الدعك والاحتكاك - Friction Method). وأخيرا استقر رأيه - بعد تجارب مضنية أخرى أدق - إلى وضع الرقم النهائي، وتعريفه لمقدار الحرارة: **وهو (772.55 قدم - باوند) من الشغل الواجب إنفاذه عند مستوى سطح البحر لغرض رفع درجة حرارة (لبرة واحدة من الماء المقطر) من درجة (60) إلى درجة (61) فهرنهايتيه.**

وفي عام (1840) توصل (جول) إلى إثبات حقيقة تناسب مقدار الحرارة المتولدة من إمرار التيار الكهربائي خلال مادة موصلة مع مربع قيمة ذلك التيار ومع مقدار قيمة المقاومة المستخدمة ذاتها. وقد تمكن من التوصل إلى ذلك بواسطة إجرائه لسلسلة من التجارب قام خلالها بتغيير مقدار شدة التيار الكهربائي المار خلال دائرة كهربائية وتغير مقاومتها ومن ثم قياس التغيرات الحرارية الضئيلة الطارئة على حوض من الماء غُمس بداخله ملف تبديد حراري معدني ملحق بالدائرة الكهربائية السابقة. أما النجاح الباهر الذي كان (جول) قد حققه من إجرائه لتلك التجارب فيعود إلى دقة المحارير التي استخدمها لقياس التغيرات الضئيلة في فروقات درجات حرارة الحوض.

وعند بلوغه عامه الرابع والعشرين (وكان ذلك في عام 1843) كان (جول) قد توصل إلى قناعته القائلة بتساوي كميات الطاقة الحرارية على رغم اختلاف أشكال توليدها، وكتب في حينها مقالا بعنوان (حول التأثيرات الحرارية للظاهرة المغناطيسية في الكهربائية على مقدار

القيمة الميكانيكية للحرارة) وقد ورد فيه ما يلي:

((لن أضيّع منذ الآن المزيد من الوقت لإعادة ما سبق أن أثبتته تجاربي واقتنعت به نفسي من أن كافة عوامل ومؤثرات الطبيعة وحسب ما أوجدها الخالق (سبحانه وتعالى) غير قابلة للفناء، وعليه فإن في أي مقدار من القوة الميكانيكية التي تصرف (وتبرز هنا على شكل شغل متبدد) لابد وأن يقابلها دائماً و(تتحرر إلى المحيط) كمية مساوية لها من الحرارة)).

لقد أفضت تجارب (جول) بالإضافة إلى أعمال العديد من معاصريه من العلماء إلى التوصل لما يشبه القناعة بوجود مبدأ مشترك بين كافة أنواع الطاقة يمكن اعتباره – وقد أسموه بالفعل – (بمبدأ حفظ الطاقة – Principle of Conservation of Energy). ورغم إذكاء آرائه وأفكاره تلك لشذرات من أفكار متقدمة تتعلق بحركة الجزيئات وحتى تصادمها لتوليد و/أو نقل الحرارة، إلا أن تطور وثبات مبدئه – **لحفظ الطاقة** – لم يكن بحاجة فعلا إلى نظرية واضحة تفسر البناء الذري للمادة – لاستمراره والقبول به على وجه الاجماع.

عمل (جول) وباجتهاد بمعية صديقه الرياضي والفيزيائي البريطاني [وليم ثومسن William Thomson (1824–1907)] وقد حققا (بالفعل) معاً تجارب دقيقة أفضت إلى نتائج مهمة حول أسلوب تصرف الغازات وإلى أي مدى أو حد يمكن لطاقة الغازات الكامنة المخزونة مع، وداخل ذراتها من الانطلاق خلال تمددها. لقد حاول (جول) وعلى ما يظهر دحض (نظرية السائل الحراري – Caloric Theory) القديمة والمستهلكة والتي كانت تصف (خطأً) التغيرات في درجات الحرارة كنتيجة لانتقال – مائع لا يرى وليس له أي وزن وبشكل ما، من المادة الساخنة إلى المادة الأقل سخونة لينقل إليها الحرارة (راجع مدخل – قانون فورييه للتوصيل الحراري – Fourier's Law of Heat Conduction – المذكور آنفاً). أما خير ما قيل بذاك الشأن فكانت محاضرته الشهيرة التي ألقاها في مدينة (مانشستر – Manchester) في عام (1847) والتي جاء فيها:

((ولقد كان الرأي السائد بين الأوساط العلمية ولحد هذه اللحظة هو وجود ما يسمى (بالمادة الحرارية – Heat Substance) تماثل بقية المواد في شيوعها وانتشارها

وتختلف عنها بكونها مادة (غير مرئية) ولا وزن لها. ولكننا وبطريقة لا تقبل الشك قد توصلنا إلى إثبات حقيقة وإمكانية تحويل الحرارة إلى طاقة حية فعالة على شكل (طاقة حركية - Kinetic Energy) وإلى قوة جذب خلال الفضاء على شكل (طاقة كامنة - Potential Energy). الآن وقد تبين لنا وبما لا يقبل مجالا للشك ولا للدحض - وإلى أن نتمكن من تحويل المادة[1] ذاتها إلى قوة جذب خلال الفضاء، والتي لا يمكننا اعتبارها سوى فكرة سخيفة لا تستحق عناء المناقشة على الأقل في الوقت الحالي - فإني أعلن هنا ومن هذا المنبر ضرورة نبذ فرضية كون الحرارة كشكل من أشكال المادة وأطالب بإسقاطها إلى الأرض وقبرها فيها إلى الأبد)).

ثم أكمل إعلانه حتى اختتمه بقطعة شعرية لطيفة كان قد شُغف بها منذ زمن وهي تصف حال النبي (حزقيال - Ezekial) وعلاقته وأفكاره حول الكون، حين قال:

((عندما نتمعن بأجسامنا (التي خُلقت على هيئة عجيبة تستوجب الدهشة والرهبة في آن) لن نجد أي صعوبة في تقدير وإدراك تحول الحرارة إلى قوة حية، وذلك عند ملاحظتنا لأذرعنا وهي تتحرك في الهواء، وأرجلنا وهي تنقلنا من مكان إلى آخر، وقد يمكن إرجاع تلك القوة الحيوية إلى حرارة مرة أخرى عن طريق فرك إحدى يدينا بالأخرى وعند الجري لمسافات طويلة، أو قد يمكن استثمارها لعمل تحوير معين في الفضاء المحيط بنا، كأن ننحت تمثالاً أو نتسلق جبلاً. وترشدنا كل من الحقيقة والتفكير المنطقي إلى الاستنتاج بأن كافة الظواهر والأحداث الطبيعية سواء كانت ميكانيكية - كسقوط مياه الشلالات من علو - أو كيماوية - كما في التفاعلات الحرارية - أو حتى الحيوية - كما في فرك يدنا بالأخرى - لابد وأن تشكل بمجموعها حواراً مستمراً ومتناسقاً ينطوي على تحويل نوع من الطاقة إلى أخرى كأن تتحول القوة الحيوية إلى حرارة أو إلى أي شكل آخر من أشكال الطاقة وبالعكس. وعليه فالتفكير العلمي يقودنا إلى الإقرار بأن ذلك النظام المحفوظ في الكون يستوجب استحالة فناء أو تدمير أو فقدان أي

(1) لاحظ أن هذا الفكر كان سائداً قبل مجيء اينشتين بمعادلته الشهيرة (E = mc2) والتي تبيح لنا تحويل المادة إلى أي شكل من أشكال الطاقة وبالعكس، ففي عصر جول وما والاه كان ذلك التغير والتحول مستحيلاً. (المترجم)

نوع من أنواع الطاقة أو الحركة، وعليه يستمر تناسق الكون والطبيعة في حركتهما الميكانيكية وعملهما رغم ما يظهر إلى أعيننا من ضروب التعقيد والتداخل في ذلك)).

وبناء على ذلك لا يسعني هنا إلا أن أستشهد بقول (حزقيال Ezekial)[1] النبي عندما أقر وأعلن:

((قد تتداخل العجلات بعضها ويبدو كل شيء معقداً يساهم بزيادة الفوضى والاضطراب، وبطريقة لا تبدو لها نهاية ولا لآخرتها وجود. سبب متداخل بسبب ونتيجة لا علاقة لها بأخرى وقد تاهت الأعين وزاغت الأبصار، ومع كل ذلك يبقى النظام والكمال السيد المسيطر على كامل الموقف)).

يعتبر المبدأ المهم الذي اكتشفه (جول) والمتعلق بتسرب الغاز المضغوط والمحجوز في فراغ معين من خلال ثقب صغير والذي سيخضع إلى التغيرات الحرارية المنصوص عليها في (تأثير جول - تومسن - Joule - Thomson Effect) ووفق المعادلة الرياضية التالية:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H = \frac{T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P - V}{C_P}$$

من مبادئ الانثالبية (Entropy)[2] المهمة.

حيث تمثل - الجهة اليسرى من المعادلة مقدار التغير في الحرارة والضغط مع الإبقاء على الانثالبية (وهي هنا تمثل المضمون الحراري لهذه الجهة من النظام) ثابتة.

وقد تسمى أيضاً (بمعامل جول - ثومسن - Joul - Thomson - Coefficient)

(1) Hzekiel - ويعني هذا الاسم بالعبرية (الذي سيؤيده ويقويه - الله سبحانه وتعالى -) وهو (ذي الكفل) الذي ذكره القرآن الكريم وله كتاب خاص به يُعتقد أنه كُتب حوالي سنة 500 ق.م خلال فترة السبي البابلي لمملكة يهوذا الإسرائيلية الجنوبية. ويتضمن رؤياه وتنبؤاته لما ينيف عن الـ (22) عاماً وهي فترة وجوده (منفياً) في بابل. ويؤمن به المسيحيون كنبي مُرسل، في حين يعتبر اليهود كتابه من ضمن كتبهم المقدسة ويعتبرونه شخصياً كثالث أعظم كتبهم المقدسة. أما تحديد فترة كتابته بالقرن السادس ق.م. فيعود إلى ذكره لتواريخ الأحداث بأسلوب امتازت تلك الحقبة به. ومما تجدر الإشارة إليه وجود قرية صغيرة تقع إلى الجنوب من مدينة بغداد بعدة كيلومترات وعلى الطريق لمدينة (الحلة - في محافظة بابل) تحمل اسم (الكفل) ويعتقد بوجود رفات هذا النبي فيها. (المترجم).

(2) Entropy - (أو الانثالبية) ويرمز لها (H) والانثالبية الخاصة - Specific Enthalpy) ويرمز لها (h) في علوم (الديناميكا الحرارية - Thermodyuamics) و(الكيمياء الجزيئية - Molecular Chemistry) وهي إحدى صفات الديناميكا الحرارية لنظام ديناميكي حراري. وتستعمل لحساب مقدار انتقال الحرارة في نظام مغلق تحت ظروف ضغط وحرارة ثابتتين. وتعتبر قيمة التغير في الانثالبية (ΔH) أهم فعليا من (الانثالبية) ذاتها وتساوي مقدار التغير الحادث في الطاقة الداخلية لنظام مغلق تحت ظروف حرارة وضغط ثابتين، مضافاً إليه مقدار (الشغل - Work) الذي استطاع ذلك النظام عمله على محيطه مما يعني أيضاً أن مقدار التغير الحادث في (الانثالبية) في تلك الظروف هو ما يساوي مقدار الحرارة الممتصة من قبل تفاعل كيمياوي عند حدوثه. (المترجم).

والـــذي يمكن أن يكتسب قيمة سالبة أو موجبة أو حتى القيمة الصفرية اعتماداً على درجة حرارة وضغط الغاز تحت الاختبار.

ويمثل - الحد $\partial T/\partial P$ مقدار تغير حجم الغاز وعلاقته بدرجة حرارته تحت ظروف ضغط ثابت.

و C_p - مقدار الحرارة النوعية العيارية (Molar Specific Heat) تحت ضغط ثابت.

وتجـدر الإشارة هنـا إلى ثبوت **(انثالبية)** هـذا النظام بالنظر لعدم السمـاح لأي مقدار من الحرارة بالتسرب من أو إضافتها إلى هذا النظام محكم الغلق.

إن لمعامـل (جول - تومسـون - Joule - Thomson Coefficient) بعض المواصفات والخصائصـ الفيزيائية التي لها أهمية بالغـة في دراسة مواصفات وتصرف الغازات المختلفة تحت الظروف المختلفة، فلهذا المعامل علاقة وطيدة مثلا، بمصطلح ثان هو (درجة حرارة تحول جول - تومسون - Joule - Thomson Inversion Temperature) والتي تعرّف بأنها درجة الحـرارة التي يساوي عندها المعامل قيمته الصفرية. وتختلف درجة حرارة التحول تلك، اعتماداً علـى نوع الغاز تحت الدراسة، فعند درجات الحـرارة التي تفوق (درجة تحول) غاز ما، ستسخن تلـك الغـازات المحجوزة تحت ضغط عنـد إطلاقها من خلال فتحة صغـيرة في خزاناتها. وعند درجات الحرارة التي تقل عن (درجة تحولها) فإن تلك الغازات ستبرد تحت عين الظروف السابقة.

فعنـد فتحنا لفتحة صغيرة مناسبـة في طرف خزان غاز ثاني أوكسيـد الكربون المسال مثلا في المختـبر وفي ظروف درجة الحـرارة الاعتيادية (25 درجة مئوية) فإنك سـترى الغاز وهو ينطلق من تلك الفتحة على شكل رشاش من بلورات الثلج الجاف الصغيرة بدرجة حرارة (- 78 درجة مئويـة). ومـن ناحية ثانية فـإن غازي الهيدروجـين والهيليوم سيسخنان عنـد انطلاقهما خلال الفتحات الصغيرة المحدثة في أطراف خزاناتهما عند نفس ظروف درجة حرارة الغرفة الاعتيادية.

سُمّـي ذلك التأثير المهم على اسمي العالمين المؤمنين[1] (جيمس جول - James Joule) و (وليم تومسن - William Thomson) اللذين كانا قد اختبرا وتحققا في عام (1852) مـن حقيقة وجود ذلك التأثـير استرشاداً بأبحـاث وأعمال سبقت كان قد قـام بها (جول)

(1) Comitted Christians - في أصل النص. (المترجم).

بمفـرده حول خصائص تمدد الغـازات. تبرز أهمية (تأثير جـول- تومسون - The Joule Thomson Effect) عمليا اليوم عند ممارسة عمليات إسالة الغازات صناعياً، (أما نقاش وشرح ذلك فيقع خارج نطاق هذا الكتاب).

انتقل جول في عام (1861) إلى منزله الجديد مع أولاده إلا أنه قوبل بامتعاض شديد ورفض جيرانه له وبالأخص عند اصطحابه لماكنته البخارية معه والتي تطيّروا منها أشد التطيّر، وفي هذا الخصوص أرسل (جول) رسالة قصيرة طريفة يوضح فيها لصديقه العزيز (تومسن) سوء الفهم الحادث نتيجة نقل الماكنة ويعتذر منه على التأخير الحادث لتجاربهما من جراء ذلك قائلاً:

((.... وأما ما يخص تجاربنا حول الغازات فإني سأكملها وبلا شك ولكن فقط بعد أن أستعيد عافيتي من الهجوم الشنيع والمريع الذي شنه عليّ كافة جيراني بعد انتقالي مع ماكنتي البخارية إلى بيتـي الجديد... بعد جهد عظيم بذلته لإقناعهم وتطييب خواطرهم بأن الإشـاعات التي سبقتني إليهم بأن تجاربي وآلتي البخارية ستحرق لهم حدائقهم وأزهارهم العزيزة عليهم ما هي إلا ضرب من التشنيع والكيد الكاذب الذي لا يستند إلى قاعدة من الحقيقة)).

وبعـد القيل والقـال وكثرة الشكوى والسـؤال أقرّت بلدية المدينـة بعـدم السماح لـ (جول) بالانتقال مع آلته إلى داره الجديد وكان عليه الاختيار بين أحد الحلين.

وفي عـام (1870) قُلـد (جول) (ميداليـة كوبلـي - The Copley Medal) من قبل الجمعية الملكيـة في لندن تقديراً لأعماله، كما تسنم منصب رئيـس الجمعية البريطانية لتقدم وتطوير العلوم لعامي (1872) و (1887).

ويعـود الفضـل اليوم إليه لكونـه الشخص الذي استطـاع أن يُقنع العـالم ومجتمعه العلمي بإمكانيـة تحويل وحدات الطاقة المختلفة من ميكانيكية وكهربائية وحرارية، واحدة منها إلى الأخرى، وإمكانية قياسها جميعاً بوحدة (قدرة - Power)[1] واحدة، وبأن أشكال الطاقة

---

(1) Power - (القدرة) في الفيزياء، هي مقدار التغير في مقدار الشغل (Work) المنجز أو في مقدار الطاقة (Energy) المتحولة. ويعبر عن ذلك رياضياً بـ [illegible] ، حيث avg - هو المعدل، وΔ - هو الفرق، و t - الزمن. (المترجم)

المختلفــة هذه إنما ترتبط معاً بصفات مشتركة. وقد كان بذلــك من أوائل الذين بينوا بالحجة الثابتة وبالتجربة القاطعة حقيقة وجود (قانون حفظ الطاقة – Law of Couservation of Energy) والذي يعرف أيضا باسم (القانون الأول للديناميكا الحرارية – The First Law of Thermodynamics).

لقــد تضمن اهتمــام (جول) بظواهر الحــرارة وتطبيقاتها استعماله لهــا ضمن تجارب مبتكرة شملت تغيرات (لزوجــة – Viscosity) السوائل في الأسطوانات وتحريك الإطارات بواسطة الدواســات واستخدامــات أخرى مبتكرة للمجاهــر. وفي إحدى تجاربه لإثبــات صحة **(قانون حفــظ الطاقــة)** قام بإمرار الماء خلال ثقوب صغيرة جداً محدثةً في إسطوانة ثم باشر بقياس التغيرات الضئيلــة فــي مقدار لزوجتــه بتأثير ارتفــاع درجــة حرارته. وقــد استطــاع مــن خــلال تلك التجــارب استنتاج قيمــة (المكافــي الميكانيكــــي – Mechanical Equivalent) للحــرارة وحــدده بقيمــة [770 قــدم – لبرة لكل وحــدة (بتو Btu) واحدة][1] وقد قاربت هذه القيمة تلــك التــي كان قد تمكن من التوصل إليهــا في تجاربه الكهربائية الأمر الــذي دفعه إلى الاستنتاج بــأن مقداري (الشغل – Work) و (الحــرارة – Heat) هما قيمتان تبادليتان (أي يمكن تحويل إحداهما إلى الأخرى). ومن تجاربه الأخرى لتحديد قيمة (المكافئ الميكانيكي – Mechanical Equivalent) للحرارة كانت من خلال قياساته الدقيقة للتغيرات الضئيلة في درجات الحرارة لحوض ماء غُمرت بداخله عجلة تدور بواسطة كتلة هابطة من علو مربوطةً بها.

وعلى رغم حقيقة استبعاد كون (جول) السبّاق الأول في التفكير في وجود (المكافئ الميكانيكي للطاقــة الحراريــة) وهو المعامل الــذي يربط – حسابيــا– تحويل الطاقــة الميكانيكيــة إلى حرارية وبالعكس، إلا أنه ولا شك يعتبر السباق الأكيد والمبتكر الأول للكثير من التشكيلات والتجارب العلميــة والدقيقة التي ساهمت بل وأثّرت بالفعل فــي... وقادت بدقة للتوصل إلى تأكيد حساب

(1) Btu– وتعني (الوحــدة الحرارية البريطانيــة – Btu. - British Thermal Unit) وتعرّف بأنهــا كمية الحرارة اللازمة لرفــع درجــة حرارة (باوند) واحد من الماء (454 غراماً منه) درجة فهرنهايتية واحدة ابتداءً من درجة حرارة محددة هي (39) درجة فهرنهايت. (المترجم).

مثـل تلك العلاقة. وقد كشفت دراساته وقياساته الدقيقة عن قابليته الفذة في تدريج وحسن قراءة التغـيرات الضئيلة في قياسات المحارير الزئبقيـة والكحولية ومن خلال استعماله للمجهر أحياناً. يعتقـد ويعزي البعض سبب مهارته في استخـدام المحارير لقياس تغيرات درجات الحرارة للخبرة التي كان قد اكتسبها من مراقبة عمّال وأدوات معصرة والده ومعمله لصناعة الجعة.

لقـد خُلِّد اسم (جـول) إلى اليوم – وإلى ما شاء الله – بإطلاق اسمـه – تيمناً وتقديراً – على وحـدة المكافـئ الميكانيكي للحرارة (الجـول – Joule) وتكتب على شـكل الحرف اللاتيني الكبير (J) والجول هي وحدة من وحدات (الطاقة – Energy) او (الشغل – Work) وتقاس وتعـرف بوحدات [الكيلوغرام (ضرب) المتر المربع (مقسومـاً على) الثانية تربيع هكذا ($Kg. m^2 / S_2$)]. وقـد أُطلق اسمه تخليدا له أيضا على إحدى فوهات القمر بقطر (96 كيلو متراً)، تلك التسمية التي أُقرت دوليا في عام (1970) من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين.

ولم تفـارق نعمـة الإيمان القوي الراسخ قلـب (جول) ولآخر يـوم في حياته ولآخر نفس لفظـه من صـدره، فقـد كـان شديـد الاعتقـاد بوجود وبوحدانية الخالـق العظيم (سبحانه) وقـد كان قد كتب سابقاً – وكمـا أشار إلى ذلك المؤلف (جيمس جـي. كروثر – James G. Crowther) في كتابه الرائع (العلماء البريطانيون في القرن التاسع عشر)، – واعترف بوحدانية الله وبديع خلقه (جل وعلا) بقوله:

((... وبعـد الاعـتراف والمعرفـة والخضـوع والانصيـاع لعظمة البـاري (عز وجل) ولإرادتـه السـامية، لابد لنا نحن بنـو البشر أن نتعرف إلى عظيم بدائع صـنعه وروائع تجليـات عظمته وقوته ونبراس الخير الذي أودعه فينا وفي كل ما حولنا، وذلك بالتدبُّر والدراسة والتفكير بخلقه (سبحانه) وما أبدعته يداه)).

صرح (تومسن) بأن (جول) كان:

((قد تمكن من نواصـي العبقرية في التخطيط، والشـجاعة في الإقدام والإعجاز بالتدقيق في التنفيذ، مع قوة الصبر والمطاولة بالسير قدماً بسلاسل أفكاره وترتيب أعماله المتناسقة والاسـتمرار بإجـراء تجاربه واختباراته حتى تمكن من اكتشـاف وإثبات العلاقة المهمة ما

بين مفاهيم (حفظ) الأنواع المختلفة من الطاقة، سواء كانت كهربائية أو كهرومغناطيسية أو كهروكيميائية (أو أي من تاثيراتها) وحتى في مجالات (الاحتكاك - Friction) وتصادم المواد الصلبة. كما كان قد تمكن من إجراء القياسات والحسابات الدقيقة كحالات الاحتكاك حتى ما بين السوائل... كل ذلك لإثبات وجود (مفهوم المكافئ الميكانيكي للحرارة - The Mechanical of Equivatent of Heat) والذي يعتبر مفهوماً متطوراً وفكرة رائدة لا يمكننا إدراك مدى أهميتها ومبلغ خطورتها في الوقت الحاضر على الأقل، ولكن بإمكاننا الآن أن نشحذ همم المجتمع العلمي ليتمعن بهذا الموضوع ويدرسه بعمق وروية وتؤدة كي يتوصل إلى الكيفية المثلى للاستفادة منه مستقبلاً)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Cardwell, Donald. *James Joule. A Biography* (Manchester, U.K.: Manchester University Press, 1991).

Crowther, James G., *British Scientists of the Nineteenth Century* (London: Paul, Trench, Trubner & Co., Ltd., 1935).

Damour, Thibaut, "Black-Hole Eddy Currents," *Physical Review D*, 18(10-15): 3598–3604, November 1978.

Heilbronner, Edgar, and Foil A. Miller, *A Philatelic Ramble Through Chemistry* (Zurich, Switzerland: Helvetica Chimica Acta, 2004).

James, Ioan, *Remarkable Physicists: From Galileo to Yukawa* (New York: Cambridge University Press, 2004).

Joule, James, "On the Calorific Effects of Magneto-Electricity, and on the Mechanical Value of Heat," *Philosophical Magazine*, 23: 263-276, September, 1843.

"James Prescott Joule," in *Notable Names Database*, Soylent Communications; see www.nndb.com/people/275/000049128/.

KLS Martin Group, "Electrosurgery Manual," Gebrüder Martin GmbH & Co.; see www.klsmartin.com/fileadmin/download/Sonderdrucke_PDF/90-604-02-04 09 06_Handbuch HF.pdf..

Lamont, Ann, "James Joule: The Great Experimenter Who Was Guided by God," in *Answers in Genesis*; see www.answersingenesis.org/creation/v15/i2/joule.asp.

Rosenfeld, L., "James Joule," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970)

أفكار فلسفية و آراء للمناقشة:

• لقد وضعنا خطانا وتمركزنا الآن على حافة حضارة (البحث) التي أذكتها وقادتها بنجاح – وإلى حد الآن – مكائن بحث جبارة مثل (كوكل -google) وغيرها واللائي يتنافسن فيما بينهن ولن يقبلن بأقل من (الكمال) كجائزة لمثابرتهن (وحتى قتالهن فيما بينهن!). لقد أنارت تلك المكائن لنا طريق المستقبل وقادتنا بنجاح إليه. لقد أوصلتنا إلى مستقبل مليء بالأجوبة الصحيحة العميقة قد يصاحبنا عند التعرف على بعضها شعوراً غامضاً سخيفاً بالذنب. سنتمكن في المستقبل ليس فقط من الإجابة على كافة الأسئلة – إنما ستكون لنا الشجاعة وسنتمتع بالألمعية لطرحها أيضاً... أم هل ستكون؟

بروكمن

(John BrockMan (What we Believe But Cannot Prove)

Robert Eisberg and Lawrence Lerner، (Physics، toundations and Application).

من كتابهما - مبادئ الفيزياء وتطبيقاتها. مقتطف من كتابه - (ما نؤمن به ولا يمكننا إثباته).

• على رغم صحة الرأي القائل بأن المولى (عز وجل) كان قد خلق الكون وقوانينه ونواميسه بدقة وانضباط تأمين حتى ولكأنها جميعاً تعمل معاً كآلة معجزة كبيرة لا متناهية في دقتها...، ألا تتفق معي بأن هذه الآلة الهائلة السرمدية لا تعدو كونها (آلة يمكننا فهمها؟).

كارول

Robert Todal Carrol، (Intellegent Design)، The Skptic Dictionary.

مقتطف من مدخل (التصميم الذكي) من معجم المتشككين.

• ينبع ذكاؤنا وتنتج كافة أفعاله الذهنية من الوجود المادي الفيزيائي لأدمغتنا – بلاشك – والخاضعة تمام الخضوع في عملها لقوانين الفيزياء المرتبطة كامل الارتباط بالأسس الرياضية والتي نحتاج عقولنا ذاتها من أجل تجسيدها ووجودها.

بنروز

Roger Penrose، (What is Reality) New Scientist. -

من مقالة له بعنوان (ما هي الحقيقة) نشرت في مجلة نيوسينتست.

• لقد لاحظ منتجو الألبان – ومنذ القدم – دفء وارتفاع درجة حرارة الزبدة المستخرجة، مقارنة (بالشرش) الذي استُخرجت منه. (لقد استفاد جول من هذه الملاحظة واستخدمها لدعم قانونه وآرائه). أكد [(الكونت رمفورد – Count Rumford) واسمه (بنيامين تومسن – Benjamin Thompson) أن حركة (الخض) المستمرة والطاقة الميكانيكية فيها والتي تقاوم قوة الاحتكاك التي يعاني منها اللبن داخلها هي التي ستتحول إلى وحدات مجهرية متحركة.... هي الحرارة (وهي السبب في رفع درجة حرارة الزبدة المستخرجة). تعود فكرة الاعتقاد بأن الحرارة ما هي إلا شكل من أشكال الحركة إلى عهود الرومان على الأقل.

ايزبرك وليرنر

Robert Eisberg and Lawrence Lerner، (Physics، Foundatinos and Applications)

مقتطف من كتابهما (أسس الفيزياء وتطبيقاتها).

قانونا كرشهوف للدوائر الكهربائية والإشعاع الحراري

KIRCHHOFF'S ELECTRICAL CIRCUIT AND THERMA LRADIATION LAWS

❋ ألمانيا، 1845 و1859

قانون الدوائر الكهربائية: **يتساوى حاصلا جمع كافة التيارات الداخلة إلى أي نقطة تجمع في دائرة كهربائية مع كافة التيارات الخارجة منها. يبلغ المجموع الجبري لكافة تغيرات (القوة الدافعة الكهربائية، أو الفولتية) حول أي دائرة كهربائية كاملة صفراً.**

قانون الإشعاع الحراري: **إن نسبة قدرة امتصاص جسم مشع لإشعاع ما إلى قدرة انبعاثه منه هي دالة للطول الموجي لذلك الجسم ولدرجة حرارته.**

محاور ذوات علاقة:

قانون بلانك للإشعاع (PLANK'S LAW OF RADIATION)، وجوزف فون فرونهوفر - (JOSEPH VON FRAUNHOFER)، وجورج اوم (GEORG OHM)، وجوشيا كبس (Josiah Gibbs).

من أحداث عام 1845:

- ضُمت كل من ولايتي فلوريدا (Florida) وتكساس (Texas) رسميا إلى الاتحاد الفيدرالي للولايات المتحدة الأمريكية.

- نشرالكاتب المعروف (ادكار الآن بو - Edgar Allan Poe) رائعته الخالدة (الطير الأسود - The Raven)[1].

---

(1) Raven- طائر أسود من الطيور الآكلة للجيف، كبير الحجم، ينتمي إلى أكبر (رتبة - order) من رتب الطيور وهي العصفوريات أو الطيور المصوتة (Passeriformes). وهي عبارة عن قصيدة من (6× 18 = 108) أبيات تحكي قصة شخص مشوش الفكر بحبه الضائع. يزوره طائر أسود ليلا ويدق على شباك حجرته بمنقاره ويبدأ حواراً ومساءلة فلسفية عن العديد من الأسئلة من قبل الشخص ولا يجيب الطائر الأسود عليها إلا بكلمة (توقف عن الاستفسار عن المزيد - كفى - Nevermore) حتى يكاد الشخص أن يساق إلى الجنون. (المترجم).

- تم اختراع الشريط الحلقي المطاطي ونال براءة اختراعه من بريطانيا.

- شرع الكاتب الأمريكي (هنري ديفد ثورو - Henry David Thoreau بتجربته الحياة البدائية المبسطة على الضفاف الفاتنة لبحيرة (والدن - Walden) في منطقة (مسشوستس- Massachusetts).

- شرع بطبع وابتدء تداول المجلة العلمية العالمية المرموقة ذائعة الصيت (سينتفك أمريكان - Scientific American) والتي استمرت بالصدور إلى حد هذا الشهر (شباط- فبراير 2011) وستظل بمشيئة الله تعالى[1].

قانونا الدوائر الكهربائية (1845):

يعني قانون كرشهوف للدوائر الكهربائية ويركز على العلاقة ما بين التيارات المارة عبر (أجزائها المشتركة) مماساتها والقوى الدافعة الكهربائية المؤثرة عليها والدائرة حولها.

قانون كرشهوف للتيار:

يعتبر (قانون كرشهوف) للتيار إعادة صياغة لمبدأ حفظ الشحنة الكهربائية في نظام ما. ويعبّر هذا القانون عمليا عن حقيقة مفادها أن حاصل المجموع الجبري لكافة التيارات الكهربائية السائرة باتجاه (والداخلة إلى) أي نقطة محددة ما في دائرة كهربائية، لابد أن يساوي حاصل المجموع الجبري لكافة التيارات الكهربائية الخارجة منها. وغالبا ما يطبق هذا القانون على نقطة تماس ما حين تلتقي عندها عدة أسلاك مكونةً لنقطة مشتركة بينها جميعاً. وقد تكون تلك النقطة المشتركة على شكل تصالب (X) أو على شكل ممر ذي نهاية مغلقة (T) - وتسمى بالإنجليزية على التوالي بنقاط التماس على شكل حرفي (اكس- x او تي - T). ويمتاز التيار المار في مثل نقاط الالتقاء تلك بوروده إلى النقطة بواسطة سلك أو أسلاك

(1) المترجم مشترك فيها منذ عام (1974).

ومغادرتــه إياها عن طريق سلـك أو أسلاك مغايرة عن تلك التي دخلتهــا سالفاً. وبالإمكان التعبــير عن هذا القانون أيضاً بدلالة حاصل جمع كافة التيارات الكهربائية الآنية التي تدخل إلى نقطة الالتقاء تلك والتي يمكن تسميتها بالعقدة:

$$i_{in}^{1} + i_{in}^{2} + i_{in}^{3} + \ldots + i_{out}^{1} + i_{out}^{2} + i_{out}^{3} + \ldots = 0$$

تمثـل القيمة i_{in} هنا كافة قيمة التيارات الواردة إلى عقدة اللقاء، على حين تمثل القيمة i_{out} كافة قيم التيارات الشاردة عن تلك العقدة، وأما الأرقام الصغيرة التي توشح أعلى كل حد منها فتمثل الأسلاك المختلفة الحاملة للتيار دخولا وخروجاً إلى نقطة التماس المعنية في التجربة.

قانون كرشهوف للقوة الدافعة الكهربائية (الفولتية):

ويعتــبر هذا القانــون إعادة لصياغة قانون حفظ الطاقة في نظــام معين وينص على وجوب بلوغ حاصل جمع كافة قيم وكميات القوى الدافعة الكهربائية (كافة الفولتيات) حول نقطة مــا في دائرة كهربائية قيمتهــا الصفرية. وكتوضيح لما سبق دعنا نتصــور دائرة كهربائية تامة مغلقــة لهــا من العناصر ونقاط الالتقاء والتفرُّق عدداً معيناً، ففــي مثل هذه الدائرة، إذا شرعنا بقياس فرق الجهد بين أي نقطتين ابتداءً من نقطة الشروع فإن مجموع كافة الفروق في قياسات القــوة الدافعة الكهربائية (وتسمى بالفولتية أيضــا) وعلى كامل مسارات تلك الدائرة ستبلغ صفــراً. أما عناصر ومكونات أي دائرة كهربائية فتتكــون من عدد يزيد أو يقل من عناصرها الأوليــة وهي الموصــلات (كالأسلاك) وأشبــاه الموصلات (كالترانزستــورات) والمقاومات المختلفة والمكثفات والمراكم الملحقة بهــا (أو البطاريات) وبالإمكان التعبير رياضياً عن هذه العلاقة بالشكل التالي:

$$v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + \ldots = 0.$$

ولنــا هنا – ومــن الناحيــة العملية – ملاحظــة أن **(قانــوني كرشــهوف)** السابقــين للدوائر الكهربائيــة يستوجبان عــدداً من الفرضيات، فعلــى سبيل المثال – وفي سيــاق قوانين التيار الكهربائــي – يفترضــان وجود تيار ثابت بكثافة شحنة مستقــرة مستمرة الانسياب لا تتغير

مـع الوقت كما قد يحدث عندما يزداد تراكم الشحنــات الكهربائية الصافية سالبة كانت أم موجبــة (كأن تكون البطارية المستخدمة مربوطة بشاحنة غير مستقــرة أو عند انتهاء عمرها حيث تتذبذب في قابليتها في تجهيز السيل الثابت من الإلكترونات)، وفي مثل هذه الحالات سيطبــق (**قانون كرشــهوف**) مع الأخذ بنظر الاعتبار كــون تطبيقنا له تقريبياً فقط – على شرط أن تكــون قيم المقاومــات (Resistances) والمستحثــات (Inductances) والمكثفات (Copacitances) لمجموع أسلاك الدائرة ككل صغيرة جداً مقارنة بمقاومة وحث وسعة وحداتها أنفسهن كل على انفراد.

كما ويمكن تعميم تطبيق (**قانون كرشــهوف**) على الدوائــر الكهربائية المزودة بتيار متناوب (Alternating Current)، إذا مــا افترضنــا كــون كافة نقاط قواهــا الدافعة الكهربائية (الفولتية) وكافة تيارات نقاطها ملتزمة بالشكل (الجيبي – Sinusoidal Form) المحافظ علــى تــردده (Frequency) دائماً. وفي مثل هذه الحالات فــإن حاصل المجموع الجبري (Algebraic Sum –) سيستبــدل (بحاصل جمع المتجهــات – Vector Sum) وحين ذلك سينص (**قانون التيار**) – وببساطة – على: **وجوب بلوغ حاصل جمع المتجهات لكافة التيارات الواردة إلى نقطة اتصــال كهربائية متشــعبة أو عقدة ومغادرتها إياها وفي خلال أي فســحة زمنية محددة، صــفراً.** وبالمثل سينص قانون (القــوة الدافعة الكهربائية (الفولتية) على: **وجوب بلوغ حاصــل جمع المتجهات لكافة الفولتيات المارة إلى... والخارجة من نقطة اتصال كهربائية متشعبة (أو عقدة) وفي أي فترة زمنية محددة صفراً**، كذلك.

وأخــيراً – ولأجــل توضيح أعم وأكثر علمية – نقول، إننا كنا قد افترضنا، ولحد الآن كون المركــم الكهربائي (البطارية) مصــدراً ثابتاً لتجهيز (القوة الدافعــة الكهربائية – ق.د.ك. – Electromotive Force emf) ولكننا بالحقيقة نجد أن فرق الجهد الكهربائي عبر قطبي البطارية، والذي يطلق عليه اسم (فرق الجهد الطرفي – Terminal Voltage) لا يمثل قوته الدافعــة الكهربائية الصافية، وإنما نجدها تقــل قليــلا بازديــاد شدة التيار المتولد عنها، وعليــه وللأغراضــ العلميــة الدقيقــة، فــإن المركم الكهربائــي (البطارية) غالبــاً ما يُعبّر عنــه بمصــدر

للقوة الدافعة الكهربائية – ق.د.ك. مضافاً إليه قيمة المقاومة الداخلية له (Its Internal Resistance)، ولكن قيمة هذه (المقاومة الداخلية) غالبا ما تكون من الصغر بحيث يمكن إهمالها لدى القيام بالعديد من التجارب والاختبارات العملية.

قانون كرشهوف للإشعاع الحراري (1859):

يُشعُ كل جسم ساخن طيفاً محدداً خاصاً به من الأمواج الكهرومغناطيسية يعتمد حصراً على درجة حرارته وعلى انبعاثيته (Emissivity) – التي سنشرح معناها لاحقاً – ويطلق على هذا النوع من الإشعاع مصطلح (الإشعاع الحراري Thermal Radiation) لأنه يعتمد مبدئياً على درجة حرارة الجسم المعني ذاته.

ولغرض إدراك (**قانون كرشهوف للإشعاع الحراري**) وبلوغ ما قصده واضعه من ورائه، يعمد الفيزيائيون إلى اعتبار واختبار ووصف أحد الأجسام الخاصة التي يطلقون عليها اسم (الجسم الأسود – Blackbody). يفترض العلماء امتلاك هذا الجسم لخاصية امتصاص كافة أنواع وأطياف وترددات الطاقة الكهرومغناطيسية التي يصادف سقوطها عليه أو توجيهها إليه وعليه فهو لا يعكس ولا يشع ولا يبث أي طاقة من ذاته أبداً. لقد كان (لكرشهوف) شرف وضع هذا المصطلح وتقديمه إلى المجتمع العلمي، كما كان قد لاحظ وأكد على قابلية مثل هذه الأجسام على إشعاع المقدار أو الكمية العظمى الممكنة من الطاقة المشعة وفي أي درجة من درجات حرارته. ولكن واقع الحال لا يتطابق دائماً مع الافتراضات الرياضية المثالية، وعليه لم يمكن ولحد الآن اكتشاف (جسم أسود) مثالي أو أي مادة حقيقية تتمكن فعلا من امتصاص كافة أنواع الإشعاع والطاقة المسلطة عليها بحيث لا تعكس منها شيئاً. أي أن كافة المواد الموجودة في عالمنا الذي نعيش فيه تقوم فعلا بعكس جزء من الإشعاع المسلط عليها وتشع كمية من الطاقة أقل مما يمكن لجسم أسود إشعاعه وفي ضمن نطاق ذات الدرجة الحرارية. ومع كل ما سبق فهناك بعض المواد التي تقارب في تصرفاتها مزايا الجسم الأسود وتحاكيها، مما يجعل من قانون (**كرشهوف للإشعاع الحراري**) قانوناً نافعاً مفيداً في الكثير من التطبيقات العملية.

ينص قانـون كرشهوف للإشعاع الحراري، (وفي حالة اعتبارنا لجسم أسود مثالي في حالة توازن واستقرار) على بقاء نسبة مقدار [الطاقة المشعة (R) Radiated Energy] منه إلى مقـدار [الطاقة الممتصـة (A) Absorbed Energy] من قبله، قيمـة ثابتة دائماً وتعتمد علـى طول تلك الطاقة الموجي وعلى درجـة حرارة الجسم الأسود المعني. أي بعبارة رياضية يمكننا صياغة ما سبق كالآتي:

$$\boxed{\frac{R}{A} = C}$$

والآن إذا مـا تفحصنـا هـذا القانـون عن كثـب وابتدأنـا بتعريـف (الانبعاثية – Emissivity) بأنها نسبة الطاقة المشعة من قبل جسم معين إلى الطاقة المشعة من قبل (جسم أسـود – Blackbody) درجة حرارتـه مساوية لدرجة حرارة الجسـم الأول، فإننا لابد وأن نستنتج وبسهولة أن أي جسم أسود حقيقي (مثالي) لابد له أن يكتسب صفة (انبعاثية) مقدارها وحـدةً كاملـة (1) في حين يترتب على أي (جسم أسود) أو غـير (أسود) حقيقـي أن يكتسب (انبعاثيـة) تقل عـن (1)، وتعرف (امتصاصية – Absorptivity) جسم ما – بالمناسبة – بأنها قابليـة أي جسم على (امتصاص) ذلك الجزء المعيّن من مقدار الطاقة المسلطة عليه. ولمصطلحي (الامتصاصيـة) و (الانبعاثية) وللقانون السابق تطبيقات عملية كثيرة نافعة نذكر لك منها مثالا واحـدا وهو أن [المحارم والأغطية الحراريـة (الكهربائية) – Thermal Blankets] غالباً ما تصنع بحيث تغطيها مـن الخارج طبقة أو بضعة طبقات عاكسة للتقليل من فقدان حرارتها عن طريـق التوصيل وما يبقى عليها إلا أن تفقد كميات ضئيلـة فقط من طاقتها عن طريق الإشعاع وبذلـك تكون مثالية التصرف للغرض الذي صنعت من أجله.]، هذا ويثبـت لنا هذا القانون كذلك الحقيقة القائلة بأن العواكس الجيدة لابد وأن تكون ضعيفة الإشعاع عموماً.

لقـد استطاع (كرشهوف) الإفصـاح عن آرائه ونشر استنتاجاتـه في بحثه المنشور في عام 1859، والذي كان بعنوان

Uber den Zusammenhang von Emission und Absorption von Licht und Warme –(On the Relation Between Emission and Absorption of Light and Heat)

(حول العلاقة ما بين إشعاع وامتصاص الحرارة والضوء)، وقد جاء فيه ما يلي:

(تتساوى قيم نسبة قوة الانبعاث إلى قابلية الامتصاص لكافة الأجسام عند ثبات الطول الموجي للإشعاعات المعنية واحتفاظ الأجسام بنفس درجة حرارتها)، ولقد قام إضافة إلى تعريفه هذا بوضع صيغة أخرى لهذا القانون نشرها أيضاً ضمن نفس هذا البحث استخدم فيها النسبة بين القوة المنبعثة إلى القوة الممتصة والتي تعتبر (دالة – Function) للطول الموجي ودرجة الحرارة.

تكتب هذه الدالة بالأسلوب الرياضي الحديث كما يلي:

$$\frac{e}{a} = f(T, \lambda),$$

حيث يمثل T هنا – درجة الحرارة – مقاسة بعدد درجات كالفن المطلقة.

و λ– الطول الموجي و e – مقدار الانبعاثية – Emissivity. و a – مقدار الامتصاص – Absorptivity

كما تمثل الدالة f كامل طيف الانبعاث الموحد الذي يصلح لكافة الأجسام التي يمكن اعتبارها أجساماً سوداء، بمعنى أن لها قابلية امتصاص (كافة) الأشعة الساقطة عليها أي تكون قيمة (امتصاصيتها – Absorptivity) مساوية للعدد واحد (1).

ولفهم ما مر وما سيأتي علينا مراجعة بعض المصطلحات والانتباه إلى الجديد منها، فعلى سبيل المثال تشع كافة المواد والعناصر كمية من طاقتها بصورة (إشعاع حراري – Thermal Radiation)، لسبب بسيط تحتمه درجة حرارتها والحركة المستمرة لذراتها أو جزيئاتها. أضف إلى ذلك أن المواد جميعاً تمتص أيضاً كميات معلومة من الطاقة – وبأي صورة أخرى أو بصورة الحرارة ذاتها – لتعود لتحويلها إلى حرارة مرة أخرى تبعثها إلى الأجواء المحيطة بها بعد أن استلمتها منها.

لقد استطاع **(كرشهوف)** إثبات حقيقة أن كافة الأجسام التي تكون في حالة توازن حراري واستقرار مع محيطها لابد لها أن تتصف بصفة تساوي طاقتيها (أو قوتيها) المبعوثة (Emitted) والممتصة (Absorbed)، الأمر الذي يمكن التعبير عنه رياضياً بالمعادلة

البسيطة التالية: (e=a) حيث تمثل كل من (e) و (a) الانبعاثية وقابلية الامتصاص على التوالي. والآن إذا ما أخذنا بنظر الاعتبار إحدى حالات هذه الظاهرة الخاصة المتمثلة بمادة عاكسة نموذجية (Perfect Reflector) حيث يكون (a = o) وعليه وبالتعويض ستكون (e = o) مما يعني أنه يستحيل على العاكس المثالي أن يشع أبداً.

صرح ونبّه الناطق باسم (ايفيثرم – Evitherm) – وهو المعهد الافتراضي الأوربي للتعدين الحراري – (The Earopean Virtual Institute for Thermal Metrology)، إلى خطورة خاصية الانبعاثية – Emissivity) واكتسابها الكثير من الأهمية ضمن نطاق العديد من المواصفات العملية والحقول النظرية وذلك حين قال:

((تكتسب طريقة انتقال ومن ثم (اكتساب و/أو فقدان الحرارة عن طريق الإشعاع (Radiation) أهمية بالغة وبالأخص عند درجات الحرارة العالية أو في المساحات المفرّغة أو في الفراغ وذلك لأنها ستكون الطريقة الوحيدة للانتقال. وعليه ستكتسب خاصية (الانبعاثية) أهمية قصوى كونها المتحكم في كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة من قبل جسم ما، وعليه ستكون هي دالتنا الوحيدة لمعرفة طريقة ودرجات تبريده أو تسخينه. ولا يخفى ما لصناعة وهندسة وحتى ارتياد الفضاء في المستقبل من أهمية تعتمد مباشرة على إمكانياتنا على التنبؤ بخواص اكتساب و/أو فقدان الطاقة (الحرارية مثلا وحتى الراديوية والإشعاعية) من منشآت كالمباني العامة والبيوت الزجاجية الخضراء وقباب حماية الرادارات وهوائياتها (Radomes) إضافة إلى أسلوب صناعة السفن الفضائية وأغلفتها وطبقات ملابس رجال الفضاء الخارجية والكثير من المنشآت والمباني الصناعية والتي لها أهمية مباشرة على عمليات وحتى على دراسات طرق حفظ الطاقة والسيطرة عليها)).

تكتسب مفاهيم وقوانين الانبعاث (Emissivity) أهمية استثنائية في مجالات قياس الحرارة المنبعثة من المواد والعناصر المشعة (Radiation Thermometry) وذلك لتحديد درجة حرارة جسم (أو منشأة – أو قلب مفاعل) معين وذلك بالاستناد إلى قراءات تخص

إشعاعاتها الحرارية ومن ثم استعمالها كتطبيقات في (قانون بلانك للإشعاع – Plank's Law of Rediation) – [راجع الجزء الرابع IV من هذا الكتاب للتفاصيل].

تمكن عالمنا من وضع ثلاثة تأكيدات – أو خصائص – تصف وتحدد خواص أطياف بعض المواد المشعة، والمقصود (بالطيف Spectrum) هو الطريقة (الجدول أو المصور) التي توضح التغيرات في شدة انبعاث الإشعاعات من جسم معين عند أطوال موجية محددة). ويطلق العلماء اليوم على هذه التأكيدات بمجملها اسم (قوانين كرشهوف لتوليد الأطياف – Kirchhoff's Laws of Spectral Formation) والتي تصف السيناريوهات المختلفة المصاحبة لتصرف الأطياف المتغايرة وكما يلي:

1 – يصدر الجسم الساخن المعتم (كأي مادة صلبة، أو غاز كثيف) شعاع طيف مستمر كامل. والمقصود بـ (شعاع الطيف المستمر الكامل)، هو ذلك الذي يحتوي على موجات كهرومغناطيسية مشعة من قبل الجسم المعني بحيث تكون مستمرة ويحتوي على الأطوال الموجية بكافة قياساتها وخير مثال على ذلك هو الضوء الأبيض المرئي الاعتيادي.

2 – يصدر الغاز الشفاف (قليل الكثافة) الساخن طيفاً خيطياً يسمى بالانبعاث الخطي (أو الخط الناصع – Bright Line)، وبمعنى آخر فإن الغاز الساخن يبعث إشعاعات بأطوال موجية خاصة محددة تتحدد صفاتها بأسلوب التوزيع الذري للإلكترونات في مداراتها حول نواته.

3 – ينتج خليط غاز بارد شفاف (قليل الكثافة) يُرصد على خلفية مصدر يُطلق طيفاً مستمراً كاملاً ما يسمى (بخط الامتصاص –Absorption Line) وهو عبارة عن خط أسود داكن يحتل نفس موقع (الخط الناصع) للانبعاث الخطي الخاص بذاك الغاز. بعبارة أخرى ينتج شعاع الطيف المستمر الكامل المار عبر غاز قليل الكثافة، طيفاً مستمراً كاملاً حاوياً على خطوط أو مواقع سوداء قاتمة تحتل ذات مواقع الأطوال الموجية التي تشعها وتحتلها خطوط الغاز قليل الكثافة الوارد ذكره في النقطة (2) أعلاه.

تبرز أهمية هذه الأطياف الكاملة مضافاً أو مطروحاً منها بعض خطوط الطيف الخطي هنا وهناك إضافة إلى القوانين الثلاثة التقريبية المذكورة وتطبيقاتها، وتسترعي انتباها خاصاً من

قبـل الفلكيين لفهم أطياف النجوم، وذلك لأن الأجرام السماوية على وجه العموم والنجوم البراقـة الباعثـة للإشعاعات والطاقة على وجـه الخصوص دائماً ما تفعل ذلـك اعتماداً على درجات حرارتها ومختلف مكوناتها ولذلك فإنها تبعث بأشكال أطياف متنوعة وتشكيلات متغايرة تمكن رواد الفضاء والفلكيين على الأرض من استنتاج معلومات غاية في الأهمية من جراء دراستها ومقارنتها بما اكتنز لديهم من ملاحظات وأطياف ومقارنة معلومات عبر حقبة طويلة من الزمن.

الأطياف الذرية ـ ملاحظات مهمة:

تنتج الخطوط البراقة في طيف ذرة عنصر ما عندما تمتص إلكترونات تلك الذرات طاقة معينة تُحتـم عليها (القفز) إلى مستوى طاقة أعلى من مستواهـا الحالي (أو الطبيعي)، تعود فتفقدها عند رجوعها إلى مستوى طاقتها الأول. تعتمد مواصفات تلك الخطوط وألوانها على فارق الطاقة المفقودة إلى الفضاء والناتجة من رجوع تلك الإلكترونات من مستوى الطاقة الأعلى إلى المستوى الأدنى. وتنتج خطوط الطيف الخيطية (السوداء الداكنة) نتيجة امتصاص إلكترونات ذرة مـا للطاقة المتولـدة في تلك الأماكن من الطيف (بالـذات) لتستخدمها في صعودها إلى مستـوى طاقة أعلى. هذا وتكتسب قيم مستويات طاقـة ذرة معينة لأي عنصر ذات المقادير والمواصفات المفروض تواجدها وتتمتع بها كافة ذرات ذلك العنصر.

لخطـوط طيف الامتصاص مواصفات محددة لكل عنصر موجود علـى سطح الأرض و/ أو في الفضـاء بحيث يمكننا اعتبارها واستخدامها (كطبع بصمة أصبع – Finger Print) لذلـك العنصر تُعرفنا عليـه وبطريقة علمية لا تقبل الشك ولا الخطـأ مطلقاً. هذا وقد لاحظ الكثـير من العلمـاء والفلكيون المعنيون بدراسـة الشمس وتقلباتها ومنـذ أوائل العقد الاول مـن القرن التاسع عشـر (1800s) وجود المئات من الخطوط السـوداء القاتمة تتخلل مختلف مساحات طيف الإشعاعات الكهرومغناطيسية المتولدة من قبل الشمس والواردة إلى الأرض عنـد تسجيلها. أضف إلى ذلـك أن صور أطياف تلك المُراقبات لم تكن أطيافاً مستمرة كاملة تحتوي على لون واحدة أو مجموعة ألوان بعينها وإنما كانت مزيجاً غير متجانس من كامل مدى

الطيف الكهرومغناطيسي من أمواج تحت حمراء وضوء مرئي وأمواج فوق بنفسجية وسينية فائقة وكاما إلى آخره. أما ظاهرة وجود المئات من الخطوط السوداء الداكنة المتداخلة مع بقية خطوط الطيف فقد أقلقت العلماء وأعيتْ تفسيرهم إذ إنها كانت تعني – وببساطة – أن قسماً من الإشعاعات الضوئية – المرئية على الأقل – والمنبعثة من كتلة الشمس كان يتم امتصاصها وبضمن أطوال موجية محددة بذاتها قبل وصول كامل الطيف الكهرومغناطيسي إلى الأرض لتسجيله. لقد كان الفيزيائي الألماني [جوزف فون فرونهوفر Joseph von Fraunhofer (1787-1826)] من أوائل العلماء الذين لاحظوا تلك الظاهرة وتمكنوا من تسجيلها فعُرفت تلك الخطوط، ومنذ ذلك الحين (بخطوط فرونهوفر) تيمناً به واعترافاً بفضله في اكتشافها ووصفها.

ولعل من المناسب بل ومن السهل على الكثير من القراء تصور حقيقة قابلية الشمس على توليد الطيف الكامل المتصل من الموجات الكهرومغناطيسية وبمختلف أطوالها وتباين تردداتها، ولكن قد يصعب عليهم تصور وجود أو إنتاج الخطوط السوداء الداكنة الظاهرة في مراقبات أطياف الشمس المسجلة... إذ كيف يمكن للشمس أن تمتص الضوء (أو جزء منه على الأقل) الذي تنتجه هي ذاتها وتطلقه باتجاهنا؟

ولتفسير ما سبق يمكننا تصور الشمس ككرة ملتهبة من الغاز الحاوي على العديد من أنواع الذرات التابعة لعناصر مختلفة تقوم بتهييج الكتروناتها بتأثير حرارة الفرن الذري التي تعيش بداخله وما أن تعود تلك الإلكترونات إلى مسارات دورانها الاعتيادية حتى تفقد طاقتها الزائدة (وبأقدار معلومة) لتصدر أطياف ألوانها الخاصة بها، وعليه يمتاز الضوء الصادر من طبقات الشمس السطحية [والمسمات (بالفوتوسفير – Photosp here) – وتعني كرة الشمس الباعثة والمولدة للألوان] بحيازته على طيف كامل مستمر يحوي كافة الألوان. والآن وبمرور طيف الألوان الكامل خلال طبقات الشمس (أو النجم) العليا فإن بعضا من ألوان طيفه (أي بعض الأطوال الموجية المحددة من طيفه ذوات الترددات المعنية) سوف تُمتص من قبل المواد والعناصر الموجودة في تلك الطبقات الخارجية آنفة الذكر، وينتج

عــن عملية الامتصاص المحدد المتخصص ما يعرفه العلماء والعامة كالخطوط السوداء الداكنة في طيــف شمسنا أو في أطيــاف بقية النجوم. وقد يخطر لبال أحدكم - كما خطر على بالي - مشابهة ما سبق لحالة (تقليل) شدة الألوان على شاشة التلفزيون حتى تظهر الصورة وكأنها تبــث بلونين فقــط (الأسود والأبيض)، ففــي حالة الشمس يمكننا تصــور العديد من مفاتيح التحكــم (كل واحد منها يمثل لونا معيناً - خاصاً بعنصر معين) تقوم بمجموعها بتعديل شدة إضــاءة الألوان المعينــة التي تمثلها وتقللها إلى الحد التي تظهرها بلونهــا الأسود، وعلى شاشة تلفزيون بهذه العظمة سوف يظل بإمكانك رؤية (الصورة) الملونة مع وجود بعض (أو كثير) مــن الخطوط السوداء هنــا أو هناك والتي تؤشر أماكن فقدانهــا لألوانها وتحول مواضعها إلى اللــون الأسود. فلو تخيّلت شاشة تلفزيونية تُريك حديقة شاعرية غناء تضم حبيبين متضامين بين آلاف الزهور الحمراء، وقد تم امتصاص معامل اللون الأحمر منها، فما ستراه هو شخصين غارقين في السواد[1]، أما بالنسبة للنجوم وخطوط امتصاص أطيافها فإنها تُعلمنا بالضبط عن المكونات والعناصر الكيميائية التي تشكل وتكون الطبقات الخارجية التي تحيط بها.

وبواسطــة هــذه الطريقة التي يسّرنــا شرحها آنفــاً وبدراسة وتصنيف العديــد والعديد من خطــوط (الأطوال الموجية) المفقودة من طيف الشمس وبمقارنتها بخطوط التوهج واللمعان التــي تصدرهــا الحالة الغازية للعديد من العناصر النقية والموجــودة لدينا هنا على الأرض بعد تبخيرهــا، تمكّن العلماء والفلكيون من تحديد مالا يقل عــن سبعين عنصراً محدداً معروفا على الأرض أثبتت خطوط الامتصاص الطيفي المستلمة من الشمس وجودها هناك.

للفضوليين فقط:

- اكتشــف (كرشهوف) وثبّــت حقيقة مقدار إزاحة الإشــارة الكهربائية المنطلقة خلال

(1) ذكرت ملابس السباحة الحمراء في أصل النص ضمن مسلسل الأكشن الأمريكي (Baywatch) الأكثر مشاهدة (1.1 بليون مشاهد إسبوعياً) والذي استمر للأعوام (1990 - 1999) و(1999 - 2001). (المترجم)

سلك عار بمقاربتها لسرعة إزاحة الضوء في الفراغ.

• تسلم (جون ماثر - John Mather) أحد علماء مركز طيران (كودارد - Goddard) الفضائي التابع لوكالة الطيران والفضاء الوطنية الأمريكية (NASA) وموقعها في مدينة (الحزام الأخضر - Greenbelt) في ولاية (مريلاند - Maryland) الأمريكية جائزة نوبل للفيزياء في عام (2006)، وذلك لأبحاثه التي تضمنت عمله على إثبات صحة تطابق القيم ما بين المنحيات النظرية المتوقعة لطريقة إشعاع الأجسام السوداء في درجة حرارة (2.7) كالفن المطلقة وما بين خلفية الإشعاعات الكونية الآتية إلى الأرض من أعماق الكون السحيقة، وتمكن بعمله هذا من إثبات حقيقة كون (الكون) الذي نعيش فيه الآن (كان) وفي مرحلة معينة بُعيد (الانفجار العظيم - The Big Bang) عبارة عن جسم أسود شبه مثالي.

أقوال مأثورة:

- توفر لنا طريقة التحليل الطيفي - وكما شرحناها سابقاً - طريقة مدهشة وسهلة نسبيا لاكتشاف وجود وتحديد هوية بعض العناصر الموجودة في مادة نظامنا الشمسي. وبهذه الطريقة نكون قد أمطنا اللثام عن طريقة فعالة لتوسيع مدارك وميادين أبحاث الكيمياء وعلوم المواد إلى ما وراء حدود الأرض التي نعيش عليها، وربما حتى إلى ما بعد حدود المجموعة الشمسية التي تُضيفنا. لا تتطلب هذه الطريقة العلمية سوى تحليل ومشاهدة ومقارنة عينة مناسبة من الغاز المتوهج موضوع البحث والاستقصاء حتى نتعرف على نوعه وطبيعته وفيما إذا كان متوفراً في الغلاف الخارجي المحيط بشمسنا العزيزة أو ضمن أغلفة غيرها من النجوم البعيدة.

بنسن وكرشهوف

Gustav Kirchhoff and Robert Bunson (Chemical Analysis by Observation of Spectra), Annalen der Physik und der Chemie, 1860.

من مقتطف لبحثهما الموسوم (التحليل الكيميائي بواسطة المشاهدات الطيفية) المنشور في مجلة حوليات الفيزياء والكيمياء لعام 1860.

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولـد العالم والرياضي الألماني [كوستاف كرشهـوف (1824-1887) Gustav Kirchhoff] والـذي اشتهـر بقوانينه المختصـة بالدوائـر الكهربائية والإشعاعـات الكهرومغناطيسيـة في مدينة (كونكسبرك – Konigsberg) في بروسيـا. كان والده محاميا ناجحـاً وكان هو طفلا حركاً نزقاً كثير الشغب والكلام رُغم حجمه الصغير نسبة لعمره آنذاك. قُبل في جامعة (البرتس – Albertus) في مدينـة (كونكسبرك – Konigsberg) لما بلغ عامـه الثامن عشـر، وفي الجامعـة تتلمذ علـى يـد الفيزيائـي الألمانـي الشهيـر [فرانز نيومـن (1798–1895) Franz Neumann] وتمكن خـلال تلك الفترة – التي شهدت بواكـير عبقريته – من التخطيط والشروع في تجاربه حول خواص وتصرفات التيارات الكهربائية.

تمكن من فهم وتوسيع أعمال الفيزيائي الألماني [جورج اوم (1789–1854) Georg Ohm]، حتـى تمكن من إعـلان قوانينه للدوائر الكهربائية في عام (1845) والتـي كان وقعها بالغاً وتأثيرها جماً حفّزت وساندت العلماء كثيراً في تحسين فهمهم وحساباتهم للتيارات الكهربائية والفولتيات (القوى الدافعة الكهربائية) والمقاومات في مختلف الدوائر الكهربائية التي تحتوي على دوائر داخلية وتشعبات تصميمية، كما ساعدت كثيراً في تفسير تصرف انسياب التيار وتغاير الفولتيات في الدوائر الحاويـة على العديد من التشعبـات أو العقد. ومما يجدر الإشارة إليه هنـا هو أن عمر (كرشهوف) آنذاك لم يكن ليتجاوز الواحد والعشرين عاماً وكان لا يزال طالبا مواظبا في الجامعة.

تخرج في عام (1847) من جامعة مدينته (كونكسبرك) وتزوج من الآنسة (كلارا ريشلوت – Clara Richelot) وهي ابنة أستاذه في الرياضيات. سافر الزوجان للاستقرار والعمل في ذات العـام إلى (برلـين) حيث حصل هو على منصب تدريسي في (جامعة برلين) ظل فيه لمدة سنتـين من عام (1848) وحتـى عام (1850). عُين في هذا العام بمنصـب الأستاذ المتميز في جامعة (برسلـو – Breslau)، وفي عام (1854) ترقى إلى منصب الأستاذيـة فـي الفيزيـاء فـي جامعة (هايدلـبرك – Heidelberg) حيث قيّض لـه القـدر فرصـة سانحـة للقـاء والعمـل مع الكيميائي الألماني [روبرت بنسن (1811–1899) Robert Bunsen].

وفي عـام (1859) اختمرت في ذهنه فكرة، وتمكن من اقتراح موضوعه بخصوص امتلاك كل عنصر من العناصر لمجال طيفه الخاص به ولا يشابهه فيه غيره – وقد كانت تلك أول خطوة نحو تحديد هوية العناصر المختلفة واكتشاف وتعيين المجهول منها بالضبط –، كما تقدم بقانونه الخاص حـول الإشعاع الحـراري (Law of Thermal Radiation)، الذي حوى فكرة ضـرورة كون تشابه بل تطابق صفات وخصائص ذبذبة الإشعاعات التي يمكن لأي ذرة عنصر أو جزيئـة منه مـن إشعاعها مع صفات وخصائص الذبذبات التـي تستطيع امتصاصها، بمعنى أن المـواد التي لها قابليـة إشعاع نمط معين من أنماط الطيـف الكهرومغناطيسي ستقوم بنفسها بامتصاص عين ذلك النمط من أنماط الذبذبات. تضافرت جهود (كرشهوف) و(بنسن) وتمكنا معـا من دراسة طيف الشمس في عـام (1861)، ثم تمكنا من تعيين وتحديد العناصر الكيميائية في الجـو المحيط بهـا. وفي دراستهما المهمة تلك تمكنا من تحديـد وجود عنصرين جديدين فيه همـا عنصري السيزيوم [رمزه الكيميائي (Cs) وعدده الذري (55) ووزنه الذري (132.9)] وعنصر الروبديوم [رمزه الكيميائي (Rb) وعدده الذري (37) ووزنه الذري (85.5)].

شـرح (جـون امسلـي – John Emsley) مؤلف كتـاب (وحدات بنـاء الكون) قصة اكتشافهما لعنصر السيزيوم بقوله:

((قام (كرشهوف) و (بنسن) بجمع (30،000) لتر من المياه المعدنية وقاما بغليها لفترات طويلـة، ثم تمكنـا – وبطرق كيميائية تحليلية معلومة – من إزالـة كافة ما تحتويه من أملاح عناصر الليثيوم والصـوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والكالسـيوم والسترونشيوم. أما بقية السـائل المتخلف عن تلك التعاملات فقد تم تحويله إلى رذاذ نُثر على لهبه مصبـاح غـازي، وتـم تحليـل طيـف الضـوء الناتج من تهيج ذرات ذلك الرذاذ بواسطة (مطياف ضـوئي – Spectroscope). تمكن العالمان من تحديد خطين أزرقين نحيفين متقاربين من بعضهما البعض، لم يكن قد تم التعرف عليهما من قبل. وبناء على ذلك أدرك الباحثان بأنهما قد وضعا يدهما على عنصرين جديدين مجهولين لم يكونا قد عُرفا من قبل)).

عُرف (كرشهوف) واشتهر بكونه أول من عزا سبب ظهور الخطوط السوداء الداكنة في طيف

الشمس إلى ظاهرة (امتصاص) الضوء – وفي أجزاء محددة فقط من طيفه الممتد والمقابلة لأطوال موجيـة محددة بذاتها – خلال مـروره عبر الغازات التي تكون الأجـزاء العلوية البعيدة (كجو) الشمس. كمـا تمكن بمعية صديقه العالم (بنسن–Bunsen) من وضع (نظرية التحليل الطيفي – The Theory of Spectral Analysis) والتي مكنت العلماء من إجراء التحاليل الكيميائية للعناصـر بمجرد دراسة الضوء المنبعث من المواد الحاوية عليها. كما تمكنا من إثبات حقيقة قابلية كل عنصر على إشعاع طيف لوني خاص به متميز (تميز بصمة الأصابع الشخصية) يمكن بواسطته التعرف على ذلك العنصر عند تسخينه ودراسة طيف الضوء المنبعث منه وبطريقة لا تقبل الشك مطلقاً. شرح العالمان العبقريان أبحاثهما ونتائجهما في الورقة التي نشراها في عام (1860) تحت عنوان (التحليل الكيميائي للعناصر بواسطة دراسة أطيافها) والتي جاء فيها:

((إن لأسـلوب (التحليل الطيفي – Spectrum Analysis) قابلية متميزة لابد وأنها ستجعله واحداً من أهم أساليب الكشف عن العناصر المجهولة في نموذج أو حتى في التعرف على عناصر جديدة لم تُكتشـف بعد. وإذا ما تصـورنا إمكانية وجود بعض المواد و/أو العناصر في الطبيعة والتي تحرمنا كميات تواجدها الضئيلة من اكتشافنا إياها والتعرف إليها بواسـطة طرق التحليل الاعتياديـة والتقليدية المتوفرة لدينا الآن، فكلنا ثقة أن الطريقة الجديدة المكتشـفة وهي (طريقة التحليل باسـتخدام ودراسة الأطياف الضوئية) ستمهد لنا الدرب لاكتشاف ما لم يكن بإمكاننا اكتشافه من قبل وذلك بمجرد مراقبة ودراسة أطيافها الضوئية الناتجة من تعريض رذاذ موادها إلى شعلة المطياف.

لقد قمنا بالفعل باكتشاف بعض من هذه العناصر الجديدة وكلنا ثقة أن هناك في الطبيعة ما يزال منها الكثير الذي ينتظرنا لاكتشافه)).

كمـا تمكن (كرشهوف) من إثبات حقيقة أن أي مادة ومتـى ما وصلت إلى درجة الحرارة التي تؤهلها لبلوغ حالة (التوازن الإشعاعي – Radiative Equilibrium)، فإن اعتماد نسبـة قـوة امتصاصيتهـا (Absorptivity) الى اشعاعهـا (Emissivity) ستقتصر على الطول الموجي لتلك المادة وعلى درجة حرارتها فقط.

وكان أول مـن سك مصطلح (إشعاع الأجسام السوداء - Blackbody Rediation) في عام (1862).

توفيت زوجته (كلارا) في عام (1869) تاركة له أربعة أطفال صغار (... زغب الحواصل لا ماء ولا شجُـر)[1] لإعالتهـم وتربيتهم. ولا يخفى ما لتلك التركة الثقيلة من أثـر ومشقة على كاهل أي رجل ناهيك عن (كرشهوف) وحالته ومرضه وعوقه. لقد كان الرجل شبه مقعد يمشي على عكازين ويتنقل بواسطة الكرسي المتحرك فكان واجب رعاية أولاده من أصعب المحن وأجل الخطوب التي كان عليـه مجاراتهـا وتقبل تحديهـا. تزوج مرة ثانية في عـام (1872) من (لويـز برومل - Luise Brommel) والتي كانت تشغل وظيفة المشرفة على إحدى عيادات فحص البصر المحلية.

لعل خير ما تـرك لنـا (كرشهوف) من أعمالـه الخالـدة كانـت الأجزاء الأربعة لعمله الرائع الذي أنجزه ما بين عامي (1876) و (1894) والذي كان بعنوان (Vorlesungen uber Mathematische Physik) - (محاضرات في الرياضيات الفيزيائية). أبّـنـه (روزنفيلد - Rosenfeld) في مدخله من رائعة (معجم سير العلماء الذاتية) وقد أحسن في بيان فضله في خُلقه وعلمه وأعماله حين قال:

((لقد ضـحّى (كرشـهوف) بالغـالي والنفيس وعانى كثيراً في سـبيل تحقيق الأصـالة والوضوح وتوثيق النسغ الكمي في كافة تجاربه ونتائج أبحاثه وذلك باتباعه للأسلوب المباشر الموصّـل إلى قلب الغاية، ودفاعه واسترشـاده دائماً بسـهولة العرض ووضوح الفكرة. لقد امتازت طريقته العلمية في التفكير بالوضوح التام في قيمتها العملية المباشرة (كمـا في حالة وضـعه لقوانين الدوائر الكهربائيـة وشـبكاتها) وفي تطبيقاتها البعيدة المترامية (كما في حالة وضـعه لأسس وأسـاليب التحليل الطيفي) سواء بسواء... أما كفاءته وامتيازه كمحاضر فذ وأستاذ جليل له خير إمكانية وقابلية على إيصال المعلومة

(1) تمازج في ذهني حال صاحبنا المسكين المبتلى بمرضه ورعاية أيتامه وحال الشاعر العربي (الحطيئة) وأولاده، ذلك الفحل الذي لم يسلـم مـن هجائه أحد حتى حبسه الفاروق عمر (رضي الله عنه) عندما هجا (الزبرقان بن بدر) واستعداه عليه. فتلمس (الحطيئة) عفو أمير المؤمنين (عمر) بقصيدة من بحر الرّمل مطلعها: (ماذا تقول لأفراخ بذي مرخ.. زغب الحواصل لا ماء ولا شجر) فعفا عنه (رضي الله عنه) وقد جاء ذلك في كتاب (جمع الجواهر في الملح والنوادر) للحصري القيرواني. (المترجم).

لتلامذته ومستمعيه فقد ظهرت جلية في كتابه المنهجي ومحاضراته (في أجزائه الأربعة) والذي ظل يُعتبر ناموســاً محترماً للتدريس الكلاســيكي والأكاديمي لمواضــيع وحقول الفيزياء النظرية في كافة الجامعات الألمانية ولسنين عديدة....)).

بعــد وفاته تشرف الفيزيائي الألماني الشهير [ماكس بلانك (1858–1947) Max Plank] بتسنم منصبه في كرسي الأستاذية للفيزياء النظرية في (جامعة برلين) العريقة تقديراً لجهوده وتثميناً لأفكاره ومنزلته العلمية وإنجازاته.

أُطلق اسمه على أحد فوهات القمر بقطر (24 كيلو متراً)، ووافقت وأثنت الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين على تلك التسمية في اجتماعها المنعقد في عام (1935).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Cardwell, Donald. *James Joule: A Biography* (Manchester, U.K.: Manchester University Press, 1991).

Crowther, James G., *British Scientists of the Nineteenth Century* (London: Paul, Trench, Trubner & Co., Ltd., 1935)

Damour, Thibaut, "Black-Hole Eddy Currents," *Physical Review D*, 18(10–15): 3598–3604, November 1978.

Heilbronner, Edgar, and Foil A. Miller, *A Philatelic Ramble Through Chemistry* (Zurich, Switzerland: Helvetica Chimica Acta, 2004).

James, Ioan, *Remarkable Physicists: From Galileo to Yukawa* (New York, Cambridge University Press, 2004)

Joule, James, "On the Calorific Effects of Magneto-Electricity, and on the Mechanical Value of Heat," *Philosophical Magazine*, 23: 263-276, September, 1843.

"James Prescott Joule," in *Notable Names Database*, Soylent Communications, see www.nndb.com/people/275/000049128/.

KLS Martin Group, "Electrosurgery Manual," Gebrüder Martin GmbH & Co.; see www.klsmartin.com/fileadmin/download/Sonderdrucke PDF/90-604-02-04_09_06_Handbuch_HF.pdf..

Lamont, Ann, "James Joule: The Great Experimenter Who Was Guided by God," in *Answers in Genesis*; see www.answersingenesis.org/creation/v15/i2/joule.asp.

Rosenfeld, L., "James Joule," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

- **ستجد خلال بحثك عن النظام وقوانين الطبيعة، أن هناك الكثير منها التي ترتبط وبمستوى أعمق**

بغيرهـا من القوانين، وهذه القوانين الأكثر عمقاً والأعم شـمولية سـترتبط بدورها بقوانين أخرى أشـد عمقاً وأكثر شـمولية.... وهكذا، حتى تصل إلى مركز الشبكة والى لُب المراد، عندها لن تجد سوى عدد محوري قليل محدود من القوانين الأساسية المبدئية والتي تعمل لجمع وتوحيد و(لصق) بقية القوانين ببعضها البعض لتكوين شبكة كامل القوانين الطبيعية برمّتها.

ويُطلق على هذه القوانين الأساسية مسمى (قوانين الطبيعة – Laws of Nature)... وإذا جـاز لنـا اسـتعارة الجملة الشـهيرة من قصـة (حقل الحيوان – Animal Farm)[1] فسنقول: ((إن كافة القوانين مهمة ومتسـاوية... ولكن بعضها اكثر أهمية وأشد مساواة من غيرها!!))... لم ولن يمكن جمع العلماء على كلمة فصل سواء بينهم حول ماهية (أمهات القوانين)، ولا على (المبادئ التي تقع على عاهلها مهمة جسر البقية)، ولكنك سـتجابه – وبلاشك – صعوبات جمة إن استطعت أن تجد عالماً أو تُقنعُ آخر بعدم وجودها.

تـريفل

James S. Trefil، (The Nature of Science، An A-Z Guide to the Laws and Principles Governing Our Universe)، 2003.

مقتطفة من كتابه الجميل: (طبيعة العلوم: المرشد الأبجدي للقوانين والمبادئ التي تحكم الكون).

• إن أي قانون من قوانين الطبيعة هو أولا وقبل كل شيء (قانون) بكل ما تكتنزه الكلمة وبكامل ما يحتويه المصطلح من أبعاد فكرية ولغوية، وهو تبعاً لذلك شخصية معنوية كاملة الملامح واضحة الحدود لها كيانها الخاص بها. وإضـافة القانون للطبيعة بقولنا (قوانين الطبيعة) تتضـمن علاقتها (بالطبيعة ذاتها) بطبيعة الحال أي علاقتها بالعالم الحقيقي الطبيعي. قد يصـعب تصـور العلاقة البينة بين المفهومين وإدراك الرابـط بينها أول الأمر.... ولكن لا أحد يناقض فكرة كون انضـباط العـالم (أو الكون) وفهمنا لهيكلته

(1) واحدة من رائعتي الكاتب والصحفي الإنكليزي [ارك آرثر بلير – 1950–1903) Eric Arthur Blair)] والذي اشتهر باسـم شهرة كتاباتـه (كجورج اوررول – Georg Orwell)، وهـي قصة كارتونية على لسان الحيوان تناهضـ الأفكار الشمولية المناوئـه لتسـاوي الحقوق والواجبـات. أما رائعته الثانية فهـي (في1984–1984 On) والتي كتبها في عـام (1948) وهي رواية سياسيـة اجتماعية نقدية هادفة لايزال أثرها حاضـراً حتى اليوم في علوم السياسة والاجتماع ومناهج الإعلام الجماهيري. نُشرت له العشرات من الكتب والمقالات ودخل اسمه كمصطلح فكري (Orwellian). (المترجم).

قــد نبعتْ من إدراكنا لقوانينه. لقــد أطلق (بوبر – Popper)[1] على هذا الافتراض مصــطلح (قانون الشرعية – Law of Lawfulness).

متلستد و وينكارنر

Peter Mitlelstaedt and Paul A. Weingartner، (Law of Natuse) 2005.

مقتطف من كتابهما (قوانين الطبيعة).

• ما هي يا تُرى احتمالات حصول رجل على ترتيب مناسب لعشرات ومئات الحروف تظهر أمامه على شــكل قصــيدة موزونة مقفاة أو على شكل قطعة نثرية فلســفية عالية الجودة ثرية البناء والمضمون، هذا إذا افترضنا خلطه بعشوائية لمئات وآلاف الحروف في جعبة ثم إطلاقها لتفترش بعفوية تامة أرضَ غرفة أو سطحَ طاولة؟ والآن إذا افترضت استحالة حصولك على ضربة الحظ تلك وباعدتْ بينك وبين احتمال إنتاج العشوائية ولو لكتاب بسيط مُيسّر، فما بالك بصناعة وتنظيم ودقة وتصميم كتاب الكون العظيم؟ وكــم من المرات عليــك أن تُجرب نثرك (وبعفوية تامــة) لكثير من الألوان ورميها هنــا وهناك على قطعة جنفاص بيضاء قبل توصُلك (افتراضيــاً) إلــى رسم صورة رجل جالس عند عقب شجرة وبيده زهرة؟

والآن ما هو جوابك يا ترى إذا ســألناك أيّهما أصــعب صــناعةً وفناً أتكوين صورة أم خلق بشر؟ وكم من الوقت وما عدد المحاولات التي على عشرين ألفاً من مكفوفي البصر أن يقوموا بها إذا ما أوصــيناهم بالانطلاق من أنحاء مختلفة من(بريطانيا) ليجوبوا أقطارها وأريافها ويصعدوا جبالها ويهبطوا أوديتها قبل أن ينتظموا كما تنتظم كتيبة مشــاة حربية مدربة بذات النســق وبأتم الاســتعداد تحت مشارف برج لندن الشهير؟... هذا إذا افترضنا أنك لم تخبرهم بهدفهم هذا قبل انطلاقهم من أماكنهم أصلاً!!

ومع صعوبة تصور واستحالة حدوث كافة أمثلتنا الخيالية السابقة، فإنك ستجدها أهون حملاً وأيسر تحقيقاً من تصــور ذلك الموعد العظيم المهيب الذي كانت قد ضربته (لنفســها) المالا نهاية من بلايين بلايين

---

(1) Albert Popper – (1889–1808) صيدلاني وطبيب يهودي ألماني عاش في فترة حُدد نسل اليهود فيها قانوناً في مقاطعة (وينتربرك – Winterberg) ومُنعوا من تملك الأراضي. حصل هو على استثناء مكنه من دخول (جامعة فيينا) والحصول على شهادة الدكتوراه منها في علوم الصيدلة. مارس الطب والصيدلة وكان طبيب أمير مقاطعة شوارزنبرك (schwarzenberg) الخاص. (المترجم).

ذرات الكون وجميع جُزيئاته لتلتقي كلها جميعاً وبقيم طاقة معروفة وبأشكال مواد موصوفة وبنجوم وكواكب وأحجام وأبعاد مضبوطة ومدروسة لتشكل كوننا الذي منحنا نعمة العيش فيه دون أن ندري به وبلا حول لنا تجاهه ولا قوة!! (أليس ذلك هو صنع الله الذي أبدع كل شيء؟!!).

تيلوستون

John Tillostone، (Maxims and Discourses، Moral and Divine)،1719.

مقتطف من كتابه (المبادئ والأنظمة والأعراف والمقدسات).

قانون كلوزيس للديناميكا الحرارية

GLAUSIUS'S LAW OF THERMODYNAMICS

ألمانيا، 1850

لابد لمقدار التغيير في قيمة انثالبية أي عملية في الكون أن تكون مساوية أو أكثر من الصفر. تنساب الحرارة ذاتياً من الأجسام الساخنة إلى الباردة وليس العكس.

محاور ذوات علاقة:

القانون الأول للديناميكا الحرارية (THE FIRST LAW OF THE RMODYNAMICS)، والقانون الثاني للديناميكا الحرارية (THE SECOND LAW OF THE RMODYNAMICS)، والقانون الثالث للديناميكا الحرارية (THE THIRD LAW OF THERMODYNAMICS)، وقانون هس لمجمل الحرارة الثابتة (HESS'S LAW OF CONSTANT HEAT SUMMATION)، وطاقة كبس الحرة (GIBBS FREE ENERGY)، وسادي كارنو (SADI CARNOT)، ولودوك بولتزمن (LUDWIG BOLTZMANN)، ووالتر نرنست (WALTER NERNST)، وجيمس جول (JAMES JOULE)، وجيمس كلارك مكسويل (JAMES CLERK MAXWELL).

من أحداث عام 1850:

– تم قبول انضمام كاليفورنيا كالولاية الحادية والثلاثين إلى الاتحاد الفدرالي للولايات المتحدة الأمريكية.

– تم إنشاء شركة الخدمات المصرفية المضمونة والسريعة[1] من قبل كل من (هنري ويلز – Henry Wells) و (وليم فاركو – William Fargo) باسم (الأمريكي السريع) تلك

(1) (Am Ex) – American Express – وهي شركة مالية تجارية أمريكية متعددة الاهتمامات، أُسست في عام (1850) ومقرها مدينة نيويورك، وهي واحدة من (30) شركة مرموقة مدرجة في معدلات (داو جونز – Dow Jones) الصناعية. وخير ما تُعرف به هذه الشركة هو إصدارها لبطاقاتها الائتمانية -- Credit Card) و (بطاقات الدفوعات – Charge Cards) و(شيكات المسافرين Traveler's Cheque). تبلغ قيمة أصولها (1.94) بليون دولار ويبلغ مقدار السيولة ضمن بطاقتها الائتمانية 24% من مجمل السيولة الأمريكية المتداولة بالدولار. (المترجم).

الشركة التي حققت نجاحات عظيمة.

- ابتدأ الأمريكي من أصل إفريقي والمناهض الشهير للعبودية ونظامها (هاريت تبمان - Harriet Tubman) بمساعـدة العبيد فعليا للهرب إلى الولايـــات الأمريكية الشمالية الحرة وكندا وذلك باستخدام طريقة حفر الأنفاق وعن طريق خطوط سكك حديد المناجم المهجورة تحت الأرض.

نص القانون وشرحـــه:

يعتــبر (قانون كلوزيس) هــذا من بواكــير إنتاجاته العلمية وهــو بالحقيقة يمثــل (القانون الثاني للديناميكا الحراريــة - The Second Law of Thermodynamics) وينص على **ميل أي نظــام مغلق معزول تماماً دائماً إلى زيادة مكونه مــن كامل مقدار** (انثالبيته - Entropy). والمقصود بها هنا مقدار زيادة ما يحويه هذا النظام من عدم ترتيب بمرور الوقت حتى يصل بها إلى قيمتها العليا داخله ولو بعد حين. ويمكننا التفكير عمليا بما نقصده من تعبير (الانثالبية - Entropy) في حالة أي نظــام حركي حراري مغلق (كماكينة السيارة مثلا) بأنها طريقــة لقياس مقدار الطاقة المتبددة كحرارة منها، والتي لم يمكن تحويلها إلى (شغل- Work)[1] نافع في تلك الماكنة.

لقــد تمكن الفيزيائــي والرياضــي الألماني [رودولــف كلوزيــس - Rudolf Clausius 1822-1888] في عام (1865) من وضع قانونيه الأول والثاني في الديناميكا الحرارية واللذين نصا على مضمونهما باللغة الألمانية على الشكل التالي:

(Die Energie dex Welt ist Konstant، die Entropie der Welt strebt einen Moximum zu).

والذي يعني:

1 - أن كامل مقدار الطاقة في الكون ثابتة.

(1) راجع معنى الكلمة في صفحة (653). (المترجم). أي

$W = \Delta E_k = E_{k2} - E_{k1} = \frac{1}{2} m (V_2^2 - V_1^2)$ أو $W = F.d$ أو $W = \int p\,dV$

2 - تميل انثالبية الكون دائماً إلى الازدياد.

يهتم موضـوع (الديناميكا الحرارية - Thermodynamics) في الفيزياء بدراسة ظاهرة الحـرارة ويمكن تعميمه ليشمل دراسة كل ما له علاقة بعمليـات انتقال كافة أشكال الطاقة من وإلى أي صـورة أو شـكل، وقد تعجب (حقيقةً) من العدد الهائـل والصور المتباينة التي يمكننا بواسطتها التعبير عن واقع (**القانون الثاني للديناميكا الحرارية**) هذا، فعلى سبيل المثال فإن كل ما في الكـون من طاقة ومادة يميلان طبيعياً إلى بلـوغ أقصى حالة ممكنة من التجانس، هذا من جهة، ومن جهة ثانية يمكننا وبصورة غير مباشرة اعتباره أيضاً مسؤولاً عن تردي حالة دورنا مع مرور الوقت إذا ما تركناها بدون تنظيف وعناية، وإلى مرض أجسامنا إذا ما أهملنا نظافتها وإطعامها بالصورة اللائقة وترييضهـا، وإلى تدهور مظهر وكفاءة سياراتنا إذا ما أهملنا تزييتها وصيانتها الدوريـة. لقد عـبرت، حتى الأعمال الأدبية عـن مضمون القانون الثـاني للديناميكا الحرارية مباشرة أو ضمناً وذلك في عدة مناسبات؛ منها ما جاء على لسان الطبيب والأديب الإنكليزي الرائع (وليـم سومرست مـوم - William Somerset Maugham) في رواية (طغيان البشـر - The Human Boudage) والتي جاء فيها (**لا فائدة ترجى أبداً من البكاء على كوب الحليب المسكوب، فلو اجتمعت كل قوى الكـون لما جُمع ما انسكب**). أمـا المخـرج الأمريكـي (وودي الن - Woody Allen) فقد وضع (التفسير الحديث) لمعنى هذا القانون على لسان أحـد أبطـال فلمه (زوجـات وأزواج) والذي أخرجه في عام (1992) عندمـا قال: « **تباً لهذا القانون الثاني في الميكانيكا الحرارية، فإنها كلها بسـببه؛ عاجلا أم آجلاً فكل شـيء في الحياة سـيتحول إلى (حثالة - Shit)**[1]**، وهذا هو تعبيري الخاص ولا للموسوعة البريطانية ولا لكل علومها شأناً به!!** ».

هـذا وبالإمكان التعبير عن هذا القانون بالعديد من الصور والأشكال، ولعل أبسط صورة رياضية له هي:

$$\boxed{\frac{dS}{dt} \geq 0.}$$

(1) آثرت اختيار هذه الكلمة بدل الترجمة (الحرفية) للكلمة احتراما لذوق القارئ الجليل. (المترجم).

حيث تمثل S – كامل مقدار انثالبية أي نظام محصور.

و dS/dt – هو مقدار دالته مع الزمن، والتي قد تبلغ مقدار الصفر الحسابي فقط في حالة بلوغها مقدار المساواة النهائي.

علينا كلما تمعنا (**بقانون كلوزيس**) أن نُفرِّق ما بين الظواهر الذاتية (كمثل ميل قدح ماء ساخن إلى البرودة التدريجية في درجة حرارة الغرفة الاعتيادية دونما أي حاجة أو ضرورة لأي قوة خارجية لتدفعه لذلك) وبين الظواهر غير الذاتية (والتي لا يمكن أن تحدث أبداً بدون تدخل خارجي). لقد صاغ (كلوزيس)، وفي بداية حياته العملية (قانونه الثاني) بالشكل التالي: (لا يمكن للحرارة أن تنتقل من جسم بارد إلى آخر ساخن ذاتي). واليوم، وبالتعبير العلمي الحديث نقول بأن [**(انثالبية) أي نظام مغلق تميل عموماً إلى الازدياد لدى حدوث أي ظاهرة ذاتية**]. وعلى رغم اتفاقنا الجامع المسبق بأن (كامل مقدار كمية الطاقة في الكون لابد وأن تُحفظ) بمعنى أنها لا تفنى ولا تستحدث حتى ولو انتقلت من شكل إلى آخر، إلا أن ذلك الانتقال لا يمكن إرجاعه القهقرى إذا ما تم ذاتياً. تبردُ الأجسام الساخنة دائماً، ولكن يستحيل على الأجسام الباردة أن تسخن ذاتياً بدون تسليط طاقة خارجية عليها لتسخينها.

وعليه بالإمكان إعادة صياغة القانون الثاني ليكون:

$$dS = \frac{dq_{\text{reversible}}}{T}$$

حيث تمثل dS – مقدار معدل تغير (انثالبية) أي نظام و dq – مقدار الطاقة المنقولة إلى ذات النظام على شكل حرارة و T – درجة الحرارة بالمقياس المطلق (كالفن).

والمصطلح الإنكليزي (reversible – انتقالي) يعني أن قابلية انتقال الحرارة في هذا النظام لابد وأن تتم بصورة يمكن عكسها، أي بمعنى بدون تكوين أي (انثالبية) إضافية غير تلك التي يحتويها النظام بذاته. ومن الجدير بالذكر أن مقدار الحرارة المنقولة لأي نظام لابد وأن تنتج مقداراً أكبر من التغيير في (انثالبيته) حينما تكون درجة حرارته واطئة مقارنة فيما لو إذا كانت درجة حرارته أعلى قليلا أي قريبة من درجة الحرارة المنقولة إليه، وتتجلى أهمية تلك

المعادلات بعدم اقتصار تطبيقاتها علـى المكائن والمحركات والتشكيلات الميكانيكية خلال اشتغالها ودورانها فحسب، وإنما تتعدى ذلك إلى الاستفادة منها في تفسير ما لا حصر له من المشاهـدات الطبيعية والتطبيقات العملية في حياتنا اليومية، فهي قد تمكنت بالفعل من إثبات وجودها في مجال واسع من المواضيع والمناقشات، تراوحت ما بين طلاسم الفلسفة وأعاجيب علوم الفلك.

تمكـن الفيزيائـي النمساوي [لودفك بولتزمن (1906 – 1844) Ludwig Boltzman] من توسيع المفهوم المقصود بالتعاريف المقتضبة **(للاثنالبية)** و **(قانون كلوزيس)** عندما اعتبرها أسلوباً وطريقة لقياس مقدار **(الفوضـى)** التي يحتويهـا أي نظام والتي تُعزى لحركة جزيئاته بتأثير إضافة أي كميـة من الطاقة الحرارية إليه. وعليه وكمثال توضيحـي للمقصود تعتبر إضافة أي كمية من الحرارة إلى أي نظام بدرجة حرارة واطئة محددة سبباً مباشراً لإحداث تغيرات مهمة جداً في مقدار الفوضى الناتجة عن زيادة نشاط وحركة كافة جزيئاته.

يفرض **(القانون الثاني للديناميكية الحرارية)** شروطاً صارمة وتقيدات بينة على طرق وأساليب اتجاه انتقال الحرارة وحدود الكفاءة الفعلية العملية التي يمكن للمكائن الحرارية أن تبلغها ولا يمكنهـا أن تتعداها، حين ينص على استحالة إتمام أي عملية فيزيائية محددة (تجري داخل نظام مغلـق، أي لا يستمد أي طاقة إضافية مـن خارجه) باستخدام الكمية المحددة (بالضبط) من مقدار الطاقة اللازمة لإنجازها وذلك يعود – وببساطة – إلى حتمية خسارة بعض تلك الطاقة وبطريقة ما (غالبا ما تكون على شكل حرارية ضائعة) إلى خارجها. يفسر فحوى هذا المثال وحقيقة ما ينطوي عليه **(القانون الثاني الديناميكا الحرارية)** حقيقة استحالة تحقيق الكثير الجم من مكائن الحركة الذاتية الدائمة وفشلها الذريع.

يؤكـد **(القانون الثاني للديناميـكا الحرارية)** من زاوية أخرى على ميـل أي نظامين مختلفين في درجتـي حرارتيهما و/أو ضغطيها و/أو كثافتيهما إلى الجنوح إلى التساوي والتماثل في كافة خصائصهما السابقة إذا ما اتصلا ببعضهما. وإليك هذا المثال لتوضيح ما سبق؛ عندما توضع قطعـة معدنية ساخنـة في حوض ماء بارد فإنها ستفقد حرارتها وتـبرد على حين يبدأ الماء في

الحوض باكتسابها حتى يتم التساوي والتماثل بين درجتي حرارة القطعة المعدنية وحوض الماء التي غُمرت فيه. وفي خطوة تالية تدلنا كافة تجاربنا - وما ينص عليه ذات القانون فعلا - هو استحالة القيام بـ... أو انجاز أي شغل نافع من قبل أي نظام مغلق معزول عما سواه إذا ما بلغت درجة استقراره. ولابد من وجود طاقة خارجية - وبشكل ما - يتحتم عليها أن تجد طريقها إليه إذا ما رُمنا عكس ذلك، وعليه يُحرّم علينا **(القانون الثاني للديناميكا الحرارية)** إمكانية تصنيعنا لأي شكل من أشكال المكائن أزلية الحركة.

يدعـم القانون الثاني للديناميكا الحرارية - وبقوة - المؤمنين بنظرية الخليقة ويساندهم، بما أنـه ينص على استحالة بناء النظام من الفوضى وعدم تمكـن أي طاقة دنيا من رفع مقدار أي طاقة تفوقها إلى مستوى أعلى فلابد إذاً لكل هذا النظام الخلاق في الكون ولكل تلك الطاقة التي يكتنزها الكون من مبدع وموجد (سبحانه). وفي إدراكنا لهذا التعميم الشامل والتمثيل البديـع علينـا أن ندرك أن معظم مقـدار النظام والترتيب والطاقـة وتحولاتها في الكون ومن ضمنها كرتنـا الأرضية وطبيعتنا التي نعيش فيها محفوظاً (ومحفوظةٌ) بصورة ذاتية وهو الذي يدفـع بالفعل (ببلورة) الماء المتجلد إلى تكوين أشكالها البلورية السداسية الخلابة... مع العلم بـأن هـذا (القانون) لا يمنـع ولا يمانع من تكوّن وتكوين جيوب طاقة هنـا وهناك في ارجائه تتمثـل بأنظمة أو كيانـات فائقة النظام والترتيب هنا أو هنـاك. يتضح هذا التفكير ويكتسب واقعيتـه من حقيقة قيام الشمس (بضخ) الطاقـة اللازمة لرفع نسبة النظام على هذا الكوكب وتقليل (انثالبيته) العامة وذلك بصورة شبه أزلية. فطاقة الشمس هي المسؤولة فعلا عن إدامة (عملية التركيـب الضوئي - Photosynthesis) على هـذا الكوكب والتي تعتمد عليها كافـة أنواع الحياة النباتيـة، المسؤولة بدورها عن إدامة الحياة الإنسانيـة والحيوانية الأخرى. ونلاحـظ هنا أن القانون المشـار إليه موضوع البحث يدعـو إلى.... ويدافع عن حقيقة ميل الأنظمـة المغلقة دائمـاً إلى فقدان نظامها (بمعنى زيادة مقـدار انثالبيتها) ويجعل من احتمالية نقصانها أمراً مستبعداً، ولكنه لا يستبعد أبداً نقصانها العام - على ظهر كوكبنا الأرض مثلا - بفعل منسوب الطاقة الدائم الوارد إليها من الشمس. كما أنه لا يمانع أبداً من اكتساب الأنظمة

الفرعية ذاتية التصرف التي تكون نظاماً واحداً أساسياً من اكتساب الترتيب الإضافي وإنقاص ما فيها من انثالبية – ولكن فقط على شرط فقدانه لنظم فرعية أخرى داخلهُ لشيء من نظامها وعلى أن يُكون الاثنان خاضعين لنظام كبير واحد مغلق يفقد هو بدوره – وباستمرار – من (مقدار ترتيبه) أي تزداد (انثالبيته) وهذا هو عين المقصود بهذا القانون.

وكما ذُكر بشأن كافة القوانين التي جاء هذا الكتاب على ذكرها فإن وضع وابتكار (قانوننا الثاني في الديناميكا الحرارية) هذا، لم يكن ليأتي من مخاض فكر واحد ولا لينتج من قبل، أو يُعزى إلى شخص واحد، فلقد شارك في التفكير به وإنضاجه الكثيرون. منهم العالم الفيزيائي الفرنسي [نيكولا ليونار سادي كارنو (1832–1796) Nicolas Leonard Sadi Carnot] والذي كان قد أدرك أن الحقيقة المهمة والاستفادة الهائلة من إمكانية وكفاءة تحويل الطاقة الحرارية إلى شغل ميكانيكي لابد وأن تعتمد مباشرة على الفرق بين درجتي حرارة الجسمين الساخن والبارد. هذا من ناحية، ومن ناحية ثانية، فلقد تمكن العالم (بولتزمن – Boltzmann) من اشتقاق القانون من نقاش الاحتمالات التي يمكن أن تتضمنها وتعتمد عليها حركة جزيئات المواد إذا ما اختلفت في مقادير طاقاتها (حركية كانت أم كامنة). ومن جهة ثالثة لابد لنا من أن نأتي على ذكر علماء آخرين كالرياضي الأمريكي [كلود إي. شانن (2001–1916) Claud E. Shannon] والعالم الألماني المولد الأمريكي الجنسية – [رولف لاندور (1999–1927) Rolf Landauer] واللذين كانا قد تمكنا من إثبات إمكانية تطبيق (القانون الثاني للديناميكا الحرارية) و(مفهوم الانثالبية) حتى على طرق وأساليب الاتصالات وعلى نظرية المعلومات ذاتها.

هناك العديد من الأمثلة والاحتمالات الذهنية ومن بينها بديهية انتشار وتوزع كافة جزيئات الهواء التي تملأ غرفتك أو مكتبك بصورة منتظمة متناسقة لا تدع أدنى مجالا للتفكير بحيود قيمة كثافة أي نموذج للهواء المأخوذ منها عن قيمة أي نموذج آخر حتى ولو أعدت تلك التجربة وذلك الاختبار لملايين المرات، وذلك يعود بالطبع إلى خاصية الحركة العشوائية ومُحصلتها النهائية التي تُوزع بانتظام تام مقدار طاقة كافة جزيئات الهواء الحركية

فيمـا بينها. ولكن لايـزال هناك احتمال ضئيل وضئيل جداً - ولكنـه ممكن إحصائياً - لأن تنتقل كافة جزيئات هواء غرفتك إلى إحدى زواياها تاركة إياك تحت رحمة الاختناق المحتم نتيجة لانعدام الهواء لديك. ولا يعتبر المثال السابق (خُرافة) بكل معنى الكلمة ولكن قد يُفسّر اضمحـلال إمكانية حدوثـه إلى الصفر وجود نظرية علمية تنص علـى أن احتمالية حدوث الزيغ عن ضرورة فعل **(القانون الثاني للميكانيكا الحرارية)** تتناسب عكسياً مع حجم النظام تحت المراقبة (بمعنى زيادة تلـك الاحتمالية كلما صغُر ذلك النظام)، وتسمى هذه النظرية (بنظرية التقلـب وعدم الاستقـرار - The Fluctuation Theorem). ومن نتائج هذه النظرية أيضاً أنه يمكننا توقع وحساب مقدار التجانس لكثير من النظم في حين نعجز عجزاً ذريعاً عن تحديـد مسار واتجاهات ومقدار طاقة جزيئاتها المفردة بدقة!! وبالمثل فإن القلاع الرملية على الشواطـئ الذهبية يُمكن بناؤها ولكنها لا يمكـن أبداً أن ترتفع بمفردها، ولكن الدقة الرياضية والاحتماليـة الاحصائية تؤكد لنا استحالة نفي مثل هذا الاحتمال، ولكنه في المقابل سيكون احتمالاً بعيداً جداً جداً عن الواقع ونادر الحدوث دون إمكانية أحد على نفيه تماماً!!.

ويذهـب هذا القانون إلى آفـاق بعيدة جدا واحتمالات كثيرة ليـدلي بدلوه فيها... فحتى مخلـوق (الاميبا - Amoeba) المجهري بحركته العشوائية الهلامية يعتبر أكثر انتظاماً وأقل (انثالبيـة) من محيطه الذي يعيش فيه، وعليه فهو يضيف لمحيطه مقداراً جديداً من (الانثالبية) بمعنى يُساهم بزيادة الفوضى إليه. وإذا ما تكونت بلورة صغيرة من مادة ما أو تولد نجم جديد مـن تفجّر (نوفا فائقـة - Super Nova) في إحدى زوايا الكون، فلا يمكننا - علمياً - أن نقول إلا أن تلك البلورة أو ذاك النجم كانا قد تخلقا لأنهما يمثلان الآن حالة أدنى تحتوي على مقـدار أقل مـن الطاقة الكامنة والتي يمكن أن يتخذها أي احتمال مغاير لذلك الحدث بمقدار طاقـة أكبر أي باحتمالية وجود أقل منه، وتمثل كل من البلـورة والنجم مثالا واضحاً لما سبق أن أكدنـاه بأن زيادة (الانثالبية) ينطبق عمومـاً على مجمل النظام المعني بأكمله، دون المساس وبدون أي تناقض مع إمكانية قلته في عنصر أو أكثر من عناصره الأخرى.

والحقيقـة فـإن الإنسان - وحاله كحال كامل موجودات الكـون - يُجاهد طوال حياته.

ويحـاول عكس هذا القدر المحتوم ومقاومة تحول جسمه إلى تراب، تماماً كما تصمد القلعة الرمليـة أمام الموجـة الأولى والثانية حتى تنهـار أخيراً بفعل ضربة الموجة الثالثـة أو التالية... إن كل عمـل أو إنجـاز وكل حركة أو فكرة ما هي إلا نتـاج ثانوي لعملية استهلاك طاقة أكثر وبشـكل ما، فالمهندسون يبذلون جهدهم ويديرون آلاتهم وروافعهم ويشغّلون عمالهم لبناء ناطحات السحاب. وتحـرق أجسامنا الطاقة الكيمياوية الحيوية الكامنة الموجودة في الطعام وتحررها لغرض البناء والنمو وتكوين البروتينات المختلفة الضرورية لإدامة الحياة بربط مختلف أنواع الأحماض الأمينية مع بعضها بأسلوب خاص وبنظام مقرر مسبقاً (عن طريق الجينات والأمشاج الوراثية). ويمكننا الغور أعمق في هـذا المنظـور ونتبنى رأي عالم الكيمياء الفيزيائية (بيتر دبليو اتكنز - Peter W. Atkins)، الذي صرح يوماً بأن مختلف التغيرات العشوائية في مناسيـب الكهربائيـة الميكروية المتولدة فيما بين عصبونات أدمغتنـا - وصرفها للطاقة - هـي ما تولد الأفكار المتناسقة التي نسميهـا النظريات والقوانين، وهي التي تُنشئ الايعازات العضلية البناءة التي تمتعنا بإبداعات الفنون وروائع سمفونيات الموسيقى، وعجائب الإعجاز الهندسي، وهي كلها عبارة عن نتائج استهلاك طاقة وفيها من الطاقة ما يمكن نقلها إلى أنظمة أخـرى. ومن وجهة النظر البيولوجيـة فإن في توليد نظام أكثر احتـواءً على الفوضى وذلك بتماس جزيئة من مـادة ثلاثية الفوسفات الأدينوسيه (ATP) الأكثر طاقة وتحولها إلى شكل شقيقاتهـا ثنائيات الفوسفات الأدنيوسيه (ADP) الأقل طاقة، وبالنظام المغلق الذي يجلبها بتماس مـع عدة آلاف مـن الأحماض الأمينيـة... ستتكون تشكيلة رائعة منهـا في الفضاء العشوائي المجاور، كما يحدث عند تكوين الإنزيم المسؤول عن نقل جزيئة الأوكسجين من هيموغلوبين كرية الدم الحمراء إلى حيث مكان استخدامها لأكسدة الغذاء داخل خلايا الجسم لتحريـر طاقتـه. أما القاسم المشترك مـا بين كل الأمثلة السالفة سواء كانـت بناء زلال الخلايا الجديـدة أو إطلاق كهربائية الخلايا العصبية أو حتى إطـلاق الطاقة المخزونة في الـ(ATP) وتحويلهـا إلى (ADP)، فهـو صراعنا وجهادنا من أجل البقاء وهـو إصرارنا على الاستمرار في حربنـا الخاسرة ضد الفناء. فنهايتنـا جميعاً هي الموت والتحلل والاضمحلال والعودة إلى

الاتحاد والتناسق والتوازن مع محيطنا الذي ولدنا فيه، أي (منها خلقتم وإليها تعودون).

حاول (كوري اس باول – Corey S. Powell) تفسير معنى (الانثالبية Entropy) يوماً وذلك بتمثيلها بعملية خلط أوراق اللعب، وقد جاء ذلك في مقالة منشورة شهيرة له بعنوان (أهلا بالآلات) جاء فيها:

((إن الانثالبية كلمة قلما تجد أحداً لم يسمع بها ونادراً ما تجد من يعرف حقيقة معناها.... هي (تعني) بالواقع مقدار ما يتواجد في كيان ما من نظام (أو معلومات) وما يوجد فيه من لا نظام (أو فوضى). والآن إذا ما تفحصت دستاً جديداً من أوراق اللعب، فإني أقول إنه يحتوي على القليل من الانثالبية والقليل من المعلومات، فلا يمكنك بالحقيقة إلا إيجاد قطعتين من المعلومات الحقيقية (الأولى أن الأرقام والأشكال – وحسب خروج الدست من المصنع – مرتبة تصاعدياً من الرقم واحد إلى تسعة، والثانية هي تسلسل مراتب الصور الموجودة في الدست حسب أهميتها) بمعنى أنه سيمكنك والحالة هذه من النجاح في التقاط أي ورقة تشاء ومن أي رقم أو لون أو شكل وبدون أدنى خطأ حتى وأنت مغمض العينين اعتماداً على التوزيع المنطقي للكروت حسب منوال صفّها من قبل المصنع. والآن وبعد خلط الأوراق سيرتفع مقدار مضمونها من كل من (الانثالبية) و (المعلومات))).

يمكن فهم الحالة الأولى بإدراكنا للعشوائية الكبيرة التي تم بها الخلط، ونفهم الحالة الثانية إذا ما أدركنا أنه لابد علينا من البحث خلال كافة الكروت منهجياً فيما لو إذا وددنا استخراج كارت واحد بعينه من الدست. والآن من المثير بل من المدهش لك أن تعلم أن احتمالية إعادة ترتيب الأوراق – وبطريقة مشابهة لما وصفناه سالفاً من أسلوب ترتيبها من قبل المصنع – بإجراء عملية خلط عشوائية لها لهو احتمال وارد، ولكنه يبلغ من الندرة والندرة البعيدة جداً التي تجعل من عملية الخلط عمليا حالة يمكننا بواسطتها الحصول على الترتيب المصنعي للدست حالة مستحيلة فعلا. فاحتمال حدوثها لا يتجاوز الاحتمال الواحد من مجموع احتمالات تبلغ (العشرة مرفوعة إلى القوة الثامنة والستين)!!.

لقد تمكن أحد العلماء الأستراليين في عام (2002) من القيام بسلسلة من التجارب استحقت الاهتمام ونالت الدهشة، فلقد استطاع عمليا إثبات إمكانية التعطيل المؤقت (للقانون الثاني للديناميكا الحرارية) على مستوى الأنظمة والتشكيلات الميكروسكوبية. ومنذ ذلك الحين وبعد إجراء العديد من الاختبارات والحسابات والتجارب تأكد لدى علماء اليوم بأن هذا القانون (لا ينطبق) تماماً على الأحداث ضمن المستويات الذرية وما دونها وذلك لفسح زمنية قصيرة نسبياً، وعليه وبضمن تلك المستويات يمكننا الجزم اليوم بوجود (زيغ) ظاهر فيه.

أما أهمية بحوث عام (2002) العلمية بهذا الخصوص فقد اكتسبتها من حقيقة إثباتها لإمكانية (إلغاء) فعل القانون الثاني للديناميكا الحرارية بصورة روتينية على المستويات الميكروية ولفترة بلغت حوالي الثانيتين.

لقد صرح العالم الفيزيائي (ماثيو شالمرز - Matthew Chalmers)؛ (بأن القانون الثاني للديناميكا الحرارية لم يعد قائماً!!)، وفسر تجربة الفريق الأسترالي بقوله ؛ لقد تمكن فريق الجامعة القومية في (كانبيرا - Canberra) بقيادة (دنس ايفانز - Denis Evans) من قياس مقدار التغير في انثالبية حبيبات بلاستيكية بلغت أقطارها بضعة ميكرومترات وهي معلقة في الماء. فلقد تمكن أولئك الباحثون من تقصّي وتسجيل مقادير تغيّر (سالبة) في انثالبية تلك الحبيبات على طول مجالات زمنية قصيرة بلغت ما يقارب الأعشار القليلة من الثانية. إن هذه المشاهد التي لا يمكن تفسيرها بالاستناد إلى (القانون الثاني في الديناميكا الحرارية)، تبدو وكأن الطبيعة فيها (وعلى النطاق الضئيل لمواصفات.... والقصر الشديد لأزمنة إجراء تلك التجربة) قد سارت القهقرى وبدأت تُرجع الزمن إلى الوراء!!. لقد تمكنت تلك الحبيبات البلاستيكية الميكروية - حقاً - من اكتساب شيء إضافي من الطاقة استمدته من الحركة العشوائية لجزيئات الماء، الأمر الذي يمكن تصوره مقاربا ولو بالمفهوم الخيالي وارتباطه بما يمكن اعتباره (حقيقة اكتساب لفنجان شاي مصغر للحرارة ذاتياً وشروعه بتسخين نفسه). ولكن مع ذلك فقد لوحظ تراجع النظام بكامله إلى حالة الانثالبية الطبيعية الموجبة بعد ثانيتين من الزمن كما دلت عليه قياسات معدلات التغير فيها. وهكذا أمكن التوصل - ولأول مرة - إلى

إثبات إمكانية (كسر) القانون الثاني للديناميكا الحرارية ولفترة زمنية محترمة وعلى نطاق قياسي معتبر. يعكف الفريق الأسترالي في هذه الأيام على إعادة التدقيق في تجاربهم وتصميماتها ومراجعة حساباتهم ودقتها لغرض اختبار صحة ما توصلوا إليه على (النطاق النانوي) هذه المرة لغرض التعرف على بعض المعلومات الجديدة بخصوص التعامل الجزيئي داخل الأجسام الحية وكيفية تأثير مجاميعها المختلفة بعضها على بعض ضمن هذا المستوى. لقد اكتسبت أعمال (ايفانز – Evans) شهرتها وأهميتها لأنها كانت السبّاقة في الإجابة بالايجاب على تساؤل بقية العلماء والفيزيائيين وتوقعاتهم باحتمال زيغ (القانون الثاني للديناميكا الحرارية) وفشله على المستويات والقياسات الضئيلة جداً كالمجالات الميكروية والنانوية.

ولكن قبيل الاسترسال والإفاضة في شرح ملخص السيرة الذاتية لـ (كلوزيس) الإنسان والمفكر والعالم دعني أذكرك بوجود **(قانون ثالث للديناميكا الحرارية)**. ينص **(القانون الثالث للديناميكا الحرارية)** من وجهة نظر الفيزياء الكلاسيكية على **ميل كافة الأنظمة والعمليات إلى التخلي عن كافة فعالياتها وحركتها ونشاطها وسعيها الحثيث إلى اتخاذها لأدنى قيم الانثالبية الممكنة وذلك كلما اقتربت درجة حرارة تلك الأنظمة أو هذه العمليات من درجة حرارة الصفر المطلق** والتي تساوي بالضبط [(273،15 –) درجة حرارة مئوية وتساوي (459.67 –) درجة فهرنهليتية]. هذا ويعزى ابتكار مفهوم (القانون الثالث للديناميكا الحرارية) إلى الكيميائي الألماني [ولتهر نرنست (Walther Nernst (1864–1041] في حوالي عام(1905). أما الصياغة الحديثة لهذا القانون فتنص على: **تقترب الانثالبية (S) من قيمتها الثابتة (So) لأي نظام كلما اقتربت درجة حرارته من درجة حرارة الصفر المطلق(0).**

ووفقاً لما وردنا من أفكار (الطليعة المبتكرة – Creative folks) والتي يمكن، الاتصال بها على موقعها الإلكتروني (www.everything2.com) ففي التأمل والتفكير بالحالات والنتائج المتوقعة من حالة حدوث أو الوصول إلى تلك الدرجة الحرارية (درجة الصفر المطلق – K= 0 – أو الصفر على مقياس كلفن) الكثير مما يستحق الدهشة والتبصّر: فلقد تساءلت تلك الجماعة عما يمكن أن يتفرع أو ينتج عمليا من تلكم الحالة وأجابت بما يلي:

((لاشك أن الحرارة - ومن المفهوم الفيزيائي البحت - هي عبارة عن أداة ووسيلة لقياس معدل الطاقة الحركية التي تختزنها الجزيئات المختلفة، أو ما يمكن التعبير عنه بصورة أيسر وأبسط بأنها مقدار معدل حركتها عموماً. والآن وبما أن المتفق عليه علمياً ومنطقياً بأن المقصود بدرجة حرارة الصفر المطلق هو غياب الحركة تماماً وسكون الذرات والجزيئات، إذاً فبلوغ الجزيئات للسكون معناه بلوغها درجة حرارة الصفر المطلق والذي لا يمكن أبداً الوصول إليه ولا توجد فعلا درجة حرارة أقل منه، فها قد وصلنا عنده لانعدام الحرارة مما يعني انعدام الحركة. والآن إذا ما فكرنا ببلوغ الكون لدرجة حرارة الصفر المطلق فهذه الحالة... (وعلى الأقل فيما يخصنا نحن البشر الذين نفكر في حالنا وأوضاعنا وفيما يخصنا ولا يخصنا...) ستعني انعدام الحركة تماماً، توقف وتعطل كافة التفاعلات مطلقاً وانعدام إمكانية وجود أي مراقب... ولكن أليس من حقنا أصلاً الشك بوجود كون حقيقي لا يحتوي على أي حركة بتاتاً وساكن تماماً ولا يمكن لا مشاهدته ولا مراقبته؟؟)).

ولكن رغم دفاعنا القوي وتبنينا للمفهوم الكلاسيكي الآنف ذكره بخصوص توقف كافة أنواع الحركة والنشاط، وحتى على المستوى الذي عند درجة حرارة (الصفر المطلق)، إلا أنه لا يجب أن يغرب عن بالنا وتفكيرنا وحساباتنا صعوبة وتعقيد النتائج المتولدة من تبني مفهوم درجة حرارة (الصفر المطلق) من المنظور (الميكانيكي الكميمي - Quamtum Mechanics) والذي يسمى علميا (بحالة أو نقطة الحركية الصفرية - Zero - Point Motion) والتي تسمح رغم كل شيء (وبعكس الاعتبارات الكلاسيكية) لحالة دنيا من الطاقة (حركية كانت أم كامنة) بالوجود، ويطلق على تلك الحالة اسم (الحالة الدنيا - Ground State)، والتي لها الصفة - الحقيقية - باحتمالية التواجد على مدىً ممتد من مديات الفضاء. وبناء على هذا المفهوم الكميمي (الغريب!!) فسيكون لذرتين مرتبطتين بلغتا درجة طاقيتهما الدنيا بوصولهما إلى حالة الحركة الصفرية - وهذا هو المفهوم (الكميمي) لما تعنيه درجة حرارة الصفر المطلق بالتعبير الكلاسيكي - قابلية التذبذب الشديد لإحداهما نسبة إلى الأخرى (وهما في درجة الصفر المطلق) بحيث لا تعود تفصلهما الواحدة عن

الأخـرى أي مسافـة واحدة محددة، ولا يمكـن لأي مراقب من تحديد هويـة أي من الذرتين بالضبط، ومكان تواجدها في ذات الوقت[1].

يستعمـل مصطلح (نقطة الحركـة الصفريـة – Zero – Poinl Motion) من قبل العلماء للاستدلال على الحقيقة القائلة بأن ذرات المواد الصلبة – حتى ولو بُرِّدت تلك المواد إلى درجات برودتهـا الفائقة – Super–Cold – State – فإنهـا لن تبقى ثابتة ولن تحتفظ بذات مواقعها الهندسيـة في كياناتهـا البلورية، وإنما ستكتســب في هذه الحالة (احتماليـة توزيع وانتشار – A Probability Distribution) تكـون دالـة لـ... وتعتمـد مباشرة على عاملي (الموقع – Position) و (الزخم – Momentum) لكل ذرة منها. ولقد تمكن العلماء فعلا في الوقت الحاضر من الوصول بالمواد إلى درجات تبريد فائقة وفائقة جداً حتى بلغت ما لا يزيد على عشرة أجـزاء من الألف جزء مـن الدرجة المئوية الواحدة فوق درجة حـرارة الصفر المطلق فقط!! هذا ويستحيـل عمليا، وباستخدام الأجهزة والمبردات الاعتيادية بلـوغ درجة حرارة الصفر المطلق، وإذا ما افترضنا إمكانهم ذلك – وفي وقت ما من المستقبل البعيد – فإن كافة الأجسام وحتى عند بلوغها تلك الدرجة الخيالية من البرودة، سوف تستمر باحتفاظها بدرجة معنية محددة من مقدار الطاقة، وهي ما نطلق عليه مصطلح (نقطة الحركة الصفرية).

وفي ختــام حديثي عـن (القانـون الثانــي للديناميكا الحراريــــة) سآتي على ذكـر بعض الملاحظـات بخصوصه منهـا ما جـاء فـي كتـــاب (الفضاء الفائق – Hyperspace) لمؤلفه (مشيـو كاكـو – Michio Kaku) والذي يُذكرنا فيه بالطريقـة الذكية الطريفة التي درج

---

(1) هنـاك مزحة علمية (خياليـة جداً!!) وطريفة تُقرِّب هذا المفهوم (الغريب جـداً!!) إلى الأذهان؛ وذلك بتصور وجود (توأمين كميميين – Quantum Twins) هما التوأم الأول [ولنطلق عليه اسم (أ)] وهو المجد المجتهد المواضب على الدوام والدراسة، في حين أخيه التوأم الثاني [ولنطلق عليه اسم (ب)] هو النزق المشاكس الذي لا يحب العلم ولا يود الذهاب إلى المدرسة. يمكن وبناء علـى تصورنـا الكميمي السالف ذكره، أن يُقنع المشاكس (ب) أخيه المجتهد (أ) أن يحضر في محله ليؤدي امتحانه النهائي بدلاً عنه، في حيـن يقضـي (ب) وقت الامتحان في إحدى صالات دور العرض الترفيهي (السينما)!!. حسب المفهوم الكيميمي؛ لن تلاحظ المدرِّسة غياب (ب) عن أداء امتحانه (وستكون سعيدة ومندهشة للدرجات العالية التي حققها رغم كسله!!) من جهة، وسيكون (أ) على علم بمحتوى الفلم الذي شاهده (ب) في دار العرض وتمتع به، كما أن (ب) سيكون على علم بمضمون ورقة الأسئلة الامتحانية ويمتعض منها، من جهة ثانية!! (المترجم).

علـى استخدامها العالم والكاتب البريطاني (سـي. بي. سنو - C. P. Snow) لتعلُم وتعليم قوانين الديناميـكا الحرارية الثلاثة بأشكالها المختصرة العصية علـى النسيان حين قسّمها إلى ثلاثة مبادئ وكأنك في لعبة وهي:

1 - **يستحيل عليك الربح.** (بمعنى عدم إمكانيتك الحصول على أي شـيء لقــاء اللاشيء، وذلك لسبب بسيط يعود إلى قانون حفظ المادة والطاقة).

2 - **يسـتحيل عليـك التراجع.** (بمعنى عند قيامـك، أو حدوث أي عمـل أو نشاط، لن يمكنـك أبداً الرجـوع إلى ذات مستوى طاقـة الشروع وذلك لوجود خسـارة دائمة - ولو ضئيلة - في مقدار الطاقة في كل شيء أي أن هناك زيادة في كمية الفوضى في أي نظام، أي أن هناك زيادة في - انثالبيته - دائماً.

3 - **يسـتحيل عليـك الهرب من المحتـوم.** (بمعنى أن بلوغ درجة حـرارة الصفر المطلق ستظل غاية لا تُدرك).

أمـا عـالم الفيزيــاء الفلكيـة (السـر ارثـر ستانلـي ادنكـتن - Arthur Stanley Eddington) فقد علّق على أهمية القانون الثاني للديناميكا الحرارية في كتابه القيّم (طبيعة عالمنا الفيزيائي) بقوله:

((لقـد احتل القانـون القائل بزيادة الانثالبية - وأعني بذلـك القانون الثاني للديناميكا الحرارية - المكان الأسـمى بين القوانين الطبيعية وقد تربع على عرشـها بلا منازع، ولا سـبيل لنا في مناقشة ذلك ولا مناقضـته فهذا الموضوع لا يعترف أبداً بوجود ما يسمى بالخيار ولا بالتصويت ولا بالديمقراطية!! فإذا فرضنا أنك بلغت من العلم عتياً وتمكنت من وضـع نظرية فتية جديدة للكون، فرحت بها وعزمـت باعتمادها دخول التاريخ، ثم جـاء أحدهم وأبلغك بأنهـا تتناقض تناقضـاً فكرياً ونظرياً واضـحاً مع (معادلات ماكسويل)!![1] - دعك منه وأنصحك بعدم الاكترات بما قال وأفصح!...، فقد تكون

(1) وضعـت (معـادلات ماكسويل) كمثال هنـا لأنها من أرجح وأرسخ قوانـين الفيزياء الحديثة قبولا وأكثرهـا دقة من الناحيتين النظرية والتجريبية راجع فحواها ونصوصها على صفحة (586) من هذا الكتاب..(المترجم).

أنت على حق وأن (ماكسويل) المسكين ومعادلاته في موقف حرج بسبب نظريتك الكونية الجديدة هذه، فلك أن تستبشر ولديك فسحة أمل لتحقيق حُلمك.... ولكن إن دلت كافة المشاهدات على خطأ توقعاتك وعدم صواب ما تتوقعه نظريتك، فلك الحق أن تقلل من نسبة توقعاتك (لدخولك التاريخ) فقد تكون نظريتك مخطئة، ولكن مهلاً... لايزال لديك فسحة من أمل، فمن أدراك؟ قد يكون السبب خطأ في قياس العلماء التجريبيين لتوقعات نظريتك، فهم ليسوا معصومين، وقد تختلط عليهم الأمور أحياناً. ولكن إن كانت نظريتك الفتية الجديدة لتفسير الكون وظواهره والتي تبغي من ورائها دخول التاريخ و/أو الحصول على جائزة (نوبل) وقد وُجدت مناقضة (للقانون الثاني للديناميكا الحرارية)، فعليك والحالة قد بلغت معك مداها، أن تقف وتعتذر للجميع وتنسحب أنت ونظريتك فوراً من مسرح الأحداث فلن تنال من مطاولتك والاستمرار في أملك إلا السقوط والفشل والإهانة والخجل، فها قد بلغت حدودك ولا يمكنك تجاوزها!!)).

للفضوليين فقط:

• لقد كانت أعمال وأفكار (كلوزيس) نظرية بحتة، فهو لم يُقدم أبداً على نشر أي بحث عملي تجريبي طوال حياته!!.

أقوال مأثورة:

- إن في قصة وتاريخ الديناميكا الحرارية لملحمة جليلة ضمت العديد من المبادئ وأشركت الكثير من الناس ولقد كان توزيع الأدوار فيها اوركستراليا - إن صح التعبير -!!! فلقد شارك ما لا يقل عن عشرة علماء بصورة جوهرية أساسية في ابتكارها... وامتدت أعمالهم وأفكارهم في تطورها ونضجها لتغطي مساحة زمنية قياسية بلغت ما ينيف عن القرن، هذا من ناحية، ولكن من ناحية ثانية فإن مجمل عدد المبادئ التي تم التوصل إليها كان قليلا جداً،

فلا يوجد هناك إلا ثلاثة مفاهيم رائدة فيها هي الطاقة والانثالبية ودرجة الحرارة المطلقة.

كروبر

William H. Cropper، (Great Physics)

مقتطفة من كتابه (الفيزياء العظيمة).

– لم يساهم أي قانون، لا في تاريخ الإنسان ولا في تاريخ الفيزياء في التأثير على (روح) البشر وتحريرها بقدر ما ساهم به (القانون الثاني للديناميكا الحرارية). ولكن رغم أهميته وشيوع تطبيقاته، إلا أن التاريخ لم يشهد إلا قلة قليلة جداً من المفاهيم والقوانين العلمية التي شابهته إبهاماً أو قاربت منه تعقيداً. إن مجرد ذكرك (للقانون الثاني للديناميكا الحرارية) لكفيل في اذكاء كل ما خبا أو ابتعد (من قرقعة تروس الآلات البخارية)، وكل ما عصي وغُمّ (من تعقيدات الرياضيات المبهمة)، إضافة إلى إبرازه للسطح كل الحيرة والعجب من عدم فهمنا الدقيق لواقع (الانثالبية)... لن يتمكن الكثيرون من اجتياز اختبار (سي. بي. سنو – C. P. Snow) الشهير لتحديد قابلية القراءة الابتدائية ومستوى الثقافة العامة إذا لم يعرفوا بأن (القانون الثاني للديناميكا الحرارية) يعني زيادة الفوضى مثلما يعني اسم (سكسبير) أحد أعلام الأدب الإنكليزي.

اتكنز

Peter W. Atkins، The Second Law

مقتبسة من كتابه (القانون الثاني).

– ستفنى أجساد البشر جميعها ويعود الإنسان إلى تراب الأرض الذي خلق منها.[1] – Job 34:15 الجزء 15 من الإصحاح (34) من الكتاب المقدس.

– إنه لمن دواعي الدهشة والإعجاب أن تكون عملية زيادة الانثالبية عالمية الوقع كونية

(1) (1) وقد جاء في القرآن الكريم: ﴿كل من عليها فان * ويبقى وجه ربك ذو الجلال والإكرام﴾. سورة الرحمن، الآيتان: 26 – 27 (المترجم).

الحدوث، فكل ما حولك وما في داخلك وما تلاحظه خارج جسمك وفي نطاق أحاسيسك وإدراكك ليلهج بها ويسعى حثيثاً إليها، فالانثالبية الموجبة هي القاسم المشترك الأزلي ما بين عملية احتراق الشمعة وعظمة شروق الشمس وما بين هضم معدتك لطعام غذائها وما بين تقدمك في العمر. لقد قُدّر أن يسير الكون في كل ثانية - بل وحتى في كل جزء منها - نحو طريقه المحدد، ليلاقي قدره المحتوم وذلك بتراكم وزيادة مقدار الفوضى فيه، وبتصاعد كميات ومناسيب المعلومات فيما بين طياته.

بوول

Corey S. Powell. (Welcome to the Machine), New York Times Book Review.

مقتطف من كتابه : (أهلاً بالماكنة) .

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد الفيزيائي والرياضي الألماني [رودولف كلوزيس (1822-1888) Rudolf Clausius] والذي اشتهر باكتشافه وصياغته للقانون الثاني للديناميكا الحرارية، والذي كان له أجلّ الأثر في تقدم وتطوّر كافة حقول العلوم، في مدينة (كوسلن - Koslin) في بروسيا وهو الاسم القديم لألمانيا اليوم. لقد ولد (كلوزيس) بالمرتبة الرابعة عشرة في تسلسل أولاد عائلته في عام (1822). ولقد اكتسب هذا التاريخ أهمية استثنائية خاصة في تاريخ الديناميكا الحرارية، كونه العام الذي تمكن فيه المهندس الفرنسي (سادي كارنو - Sadi Carnot) من وضع لمساته الأخيرة على عمله الرائع وبحثه المستنير والذي كان بعنوان (انعكاسات وحيثيات استخراج القوة المحركة من النار المحرقة) هذا البحث المهم والذي سيكون في المستقبل المنار الهادي العلمي والملهم الروحي لأبحاث ودراسات (كلوزيس) في تقصيه لصفات الحرارة وانسياب الطاقة وانتقالها وتحولاتها والتأثيرات اللاحقة لكل ذلك على مستقبل تطور المكائن وكفاءتها في أداء أعمالها وعلاقتها في تطور إنجازات البشر وإلى حد يومنا هذا وإلى ما وراء أفق مستقبل الإنسان المنظور.

عمل والده أستاذاً في سلك التعليم وتدرج فيه إلى أن تمكن من افتتاح مدرسة أهلية خاصة به. انتظم (كلوزيس) كتلميذ مواظب في المدرسة التي كان يديرها والده عندما شب صبياً. عُرف

عنه ولعله بجمع الأصداف والقواقع البحرية، ذلك الولع الذي تطور إلى هواية حقيقية له، وتمكن في عام (1840) من الانخراط في جامعة برلين، ولقد كان تاريخ تلك الحقبة حافلا، حيث تمكنت أول سفينة بخارية من عبور المحيط الأطلسي للمرة الأولى قبل ذلك بعامين.

أسلمت والدته الروح في عام (1843) عندما كانت تضع طفلها الثامن عشر، الأمر الذي اضطر معه (كلوزيس) إلى المشاركة الفعالة والمضنية في تربية إخوانه الصغار.

برغم مشاغله وأشغاله، لم يدع (كلوزيس) للظلام والجهل دربا إلى عقله ونفسيته، فلقد تمكن في عام (1850) من نشر بحوثه المتضمنة لنظريته في الحرارة. لاقت تلك البحوث وهذه النظرية أذناً صاغية وتقديراً مرموقاً صعد به إلى مطاف المثقفين في تلك الحقبة، فعُرض عليه منصباً تدريسياً في المدرسة الملكية للهندسة والمدفعية في برلين فقبله واستمر في عمله وتطوير ذاته حتى تمكن من الحصول على منصب الأستاذية في الرياضيات في (مدرسة البولي تكنيك) وهو الاسم الذي أطلق على إحدى الجامعات المرموقة في مدينة (زيورخ – Zurich). شاءت الأقدار أن يصادف في هذه المدينة وخلال ممارسته لعمله في جامعتها فتاة أحلامه، وهي الآنسة الفتية الجذابة (ادلهيد ريمبو – Adelheid Rimpau) وسرعان ما خطبها وتم زواجهما في عام (1859). لقد كان (كلوزيس) وطنياً شجاعاً لبى نداء الوطن والواجب في عام (1870) وشارك في الحرب الفرنسية – البروسية والتي جُرح خلالها فحمل جسمه وسام البطولة أثناء إصابته وهو يقود عربة إسعاف خصصت لنقل القتلى والجرحى آنئذ وإخلائهم من ميادين القتال. لقد أسدل الستار على حياة زوجته ورفيقة دربه حينما وافاها الأجل فلبّت نداء القدر وهي تضع مولودها السادس.

لقد استطاع (ميشيل كيولن – Michael Guillen) في كتابه الرائع (المعادلات الخمسة التي غيرت العالم) من التعبير بمنتهى الفصاحة وبأدق العبارات عن شعور(كلوزيس) بالحزن العميق ولكن بذهن العالم اليقظ المفكر لفقدانه لرفيقة حياته حين قال:

((ما أقوى، بل وما أقسى النزال الأبدي غير المتكافئ ما بين الحياة والموت. لقد لفّت هذه الحقيقة المؤلمة المدمرة (كلوزيوس) في لحظة حمله وتفحصه ليد فقيدته العزيزة

الباردة بكل المرارة والألم، بل وبكل حسرات القلب وأنين الجوارح والذي لا يمكن حتى للجبال الصُم الراسيات في تلك اللحظة إلا أن تذوب وتذوي لوقعه ولأثره. نعم لقد كان عالماً حصيفاً نذر كل عمره وحياته لدراسة الحرارة وفهمها، ولكنه الآن خاوي القلب خالي الوفاض لا يرى إلا ذبول الكون بأسره ومفارقة النور إياه لرحيل محبوبته وأم أطفاله عنه. أيقن (كلوزيس) وهو في خضم حزنه وشديد وجده أن النزال الأزلي غير المتكافئ والعدالة المفقودة ما بين الموت والحياة والأخذ والعطاء لا تزال وستظل مفقودة أبداً. نعم لقد أُنعم عليه ورُزق بطفلة ولكنه وفي قرارة نفسه التي أضناها الحزن وخنقتها العبرات ظل يتساءل وهو المفجوع بفقدان زوجته؛ لم يا ترى علينا دائماً أن نعاني من جور قانون الحياة الأزلي، الذي يأخذ منا دائماً أكثر مما يُعطينا إياه؟!!)).

استمر (كلوزيس) سائراً في ركاب قافلة حزنه وموكب حسرته على فقدان زوجته وألمه من جراء إصابته حتى تكالبت عليه المصاعب والمصائب وصارت تؤثر فعلا على مسيرته العلمية فأحبطتها، وعلى تقدمه في مجال وظيفته فعطلتها. ومع ذلك وبرغم الصعاب والحزن والمشاكل تمكن (كلوزيس) من المحافظة على حبه لأولاده وتفانيه في الإخلاص لرعايتهم وحسن تربيتهم وإجابة مطالبهم. لقد أبّن (روبرت – Robert) أخاه (كلوزيس – Clausius) قائلاً:

((لقد كان أحنّ والد عرفته، فلم يعرف الحب لأولاده وفلذات أكباده حدوداً. كان سعيداً بمشاركتهم لألعابهم ولهوهم وكان الأب والأم لهم، يكفكف دموعهم ويقيل عثراتهم. لقد كان بالفعل نعم الأب الذي لم يدخر جهداً حتى بمتابعة واجباتهم المدرسية ومساعدتهم على تفهم ما غُمّ منها عليهم)).

لم يُطق العيش وحيداً بعد فقدانه لشريكة حياته ولم تسعه الدنيا –بما رحبت– في مكان عمله وفي داره الذي يذكره بفقيدته فقرر شد رحال العودة إلى ألمانيا، وفعلا تم له ذلك في عام (1877) حينما قبل منصب الأستاذية في جامعة (فورزبرك – Wurzburg) في ألمانيا، فذهب إليها. مُنح صاحبنا (ميدالية كوبلي – The Copley Medal)[1] من قبل الجمعية

(1) Coply Medal – انظر صفحة (394). (المترجم).

الملكية تخليداً وتثميناً لأعماله وأبحاثه، وذلك في عام (1879).

لغرض إدراك أهمية أعمال (كلوزيس) وتقديرها حق قدرها، لابد لنا من جولة سريعة بين أيام ذاك الزمان والتفاتة حصيفة لأفكار ذلك الأوان – لغرض الإلمام بالأمور والتبصر بأعمال أعلام الحضور، وفي بداية جولتنا نقول؛ لقد تركز جل البحث والتفكير في تلك الفترة حول تقييم كفاءة المكائن المستخدمة لإنجاز مختلف الأعمال من تقطيع الأخشاب واستخراج الفحم الحجري من المناجم ورفع الأثقال ومواد البناء وتحريك قاطرات خطوط السكك الحديدية، وعلاقة ذلك بقابليتها على استخراج (الشغل – Work) النافع بعد حرق الوقود – كالفحم الحجري – داخلها. برز اسم العالم (كارنو – Carnot) في تلك الحقبة بالذات كأبرز من ساهم في أعمال البحث والقياس والتقييم لتلك الآلات، وإلى الدرجة والكفاءة الشخصية التي أهلته حيازة لقب (أبو الديناميكا الحرارية – The (Father of Thermodynamics) بلا منازع. ولعل خير ما تفتقت عنه قريحته في هذا المضمار وأنتجه ذهنه وسطّره يراعه في هذا المجال، كان بحثه المنشور في عام (1824) والذي كان بعنوان:(Reflexions Sur la Puissance Motrice du feu) أي (انعكاسات وحيثيات استخراج القوة المحركة من النار المحرقة). ولكن (الرياح لم تجر بما اشتهت السفن)، فأصيب (كارنو) هذا بمرض الكوليرا في عام (1832). وبناء على الأوامر الصحية الصارمة ولغرض تقليل خطورة نقله للعدوى فلقد تم إحراق كافة كتبه وأوراقه ومسوداته، بالإضافة إلى كافة أوراقه الشخصية الأخرى، فأصبحت كل ابتكاراته وأعماله وكافة بنات أفكاره وأبحاثه، وبين عشية وضحاها طعاما التهمته ألسنة النيران ورماداً تذروه الرياح.

أسقط بيد (كلوزيس)، وصار من أصعب الأمور عليه إيجاد أي أثر أو دليل لما أنجزه (كارنو) فضلا عن الاستفادة منه في دفع أفكاره هو وتجاربه وآرائه إلى الأمام...

لقد أشغل (كارنو) ذهنه كثيراً وأعمل تفكيره بلا هوادة وواصل الليل بالنهار لغرض فهم أسرار الحرارة وطرق انسيابها وعملها في المكائن وبالأخص استخدامها في إدارة (المكائن البخارية)، وكان ما أقلقه فعلا في تلك الحقبة وأقض مضجعه (وبخّر) النوم من أجفانه هو

تفـوق المكائن البخاريـة الإنكليزية في كفاءتها وعملها عن نظيراتهـا الفرنسيات. لقد كان فجر الآلة البخارية - آنذاك - قد بزغ وشأنها قد ارتفع، فكانت سيدة الأعمال والإنجازات بـلا منازع. فيهـا كان الخشب يحرق والفحم يُفلـق فتنبلج مما بين حناياه الحرارة الحمراء وتنطلـق الطاقة الشعواء التي تحول الماء إلى بخار، يحجز هذا البخار ما بين حنايا أسطوانات الآلة البخارية وهو بضغطه العالي يُشغلها. وحينما تنتهي دورة مكبس الآلة داخل أسطوانته يطـرد البخار المتبقـي إلى الخارج، فيعود المكبـس إلى حال عهده السابـق ويستعد لاستلام دفقـة جديدة من البخار الساخن المضغوط لرفعه إلى أعلى مرة أخرى، في حين يجد البخار المتخلـف طريقه إلى (مـبردات) مناسبة لإعادة تكثيفه وإرجاعـه إلى المراجل التي تئنُّ وتزأر بتأثـير حرارة الفحم المحترق تحتها لتحوله إلى بخار مرة أخرى لإكمال دورة الآلة البخارية في القاطـرات والمصانع والمناجم. وهكذا سار الدم في عـروق.... ونُفخت الحياة في عالم (الثورة الصناعية الأولى).

حلـم (كارنو) وتصـور إمكانية وجود الآلة البخارية النموذجيـة والتي أطلق عليها اسمه، فصـارت (ماكنة كارنو) اعترافاً له بفضله، وأهمية أعماله وأفـكاره. أما سر تلك الآلة ومبدأ عملها فكان يفترض بها أن تزود العاملين عليها بمقدار (شغل - Work) مساوياً تماماً لمقدار ما يُضخّ إلى داخلها من حرارة بلا أدنى خسران، ولا لأي كمية ضئيلة من الطاقة خلال ذلك التحول. اعتمد (كارنو) في أفكاره وابتكاره على الإيمان بآلته تلك ذات الكفاءة المثالية على حقيقـة عدم مقاطعتها لـ.... وانتفاء زيغها عن صُلب (القانـون الأول للديناميكا الحرارية) والـذي ينص على ضرورة خفض الطاقة بمعنـى أن أي زيادة في مضمون احتواء أي نظام من الطاقـة الداخلية له، لابد وأن تسـاوي مقدار الطاقة الخارجية المحقونـة إليه ومطروحاً منها مقـدار الطاقة المفقودة منها والمستثمرة حقاً على شـكل الشغل المنجز من قبلها على محيطها وكل ما هو في نطاق تأثيرها.

هذا ومن الجدير بالذكر هنا عزو وإرجاع فضل وضع (القانون الأول للديناميكا الحرارية) إلى الأعمـال والتجـارب والأبحـاث التي سبـق وأن أنجزهـا وقام بها الفيزيائي الإنكليزي

الشهير [جيمـــس جـــول – James Joule] وما تفرع عنها.

أيقن (كارنو) بعد الجهد الجهيد الذي بذله والاختبار العنيد الذي أصر على إنجازه، أن فكرته في إنجـاز الماكنـة المثالية والتي يمكنها الاشتغـال وإنجاز الأعمال بالطريقة التـي سبق له أن آمن بإمكانيـة وجودها ما هي إلا ضرب من ضروب المستحيل، فلا وجود لما يمكن تسميته (بالآلة المثاليـة)!! ويسهل تعليل ذلك إذا أدركنـا أن كمية معينة من الطاقة لابد وأن تُخسر متبددةً إلى المحيط بلا فائدة. بدأ، ومنذ تلك الحقبة تأصل الإدراك القائل باستحالة تحويل (كامل) الطاقة الحراريـة المستخدمـة (وفي أي ماكنة أو آلة – مهما كانـت) إلى طاقة ميكانيكية فعالة منتجة. هـذا وقد ذكر (كارنو) مضمون هـذه الخلاصة في ورقته الشهيرة التي نشرها فيما بعد بعنوان (انعكاسات وحيثيات استخراج القوة المحركة من النار المحرقة) التي جاء فيها ما نصه:

((يســتحيل علينا اعتبار مجرد عملية إنتاج الطاقة الحرارية وتوليدها هي العنصر الوحيد الفعّال لتوليد القدرة (Power) النافعة الممكن استثمارها. هناك عامل ثان لا يقل عن الحـرارة أهميـة، بل هو الشرط الأهم الذي بدونه لا فائدة سـتجنى أبداً من الحرارة... ذلك هو عامل البرودة!!)).

وعند اختبـار واحدة من مكائن (كارنو) الحرارية العاملـة، لوحظ قابليتها على امتصاص الحـرارة مـن مصدر لها وتحويل قسم منها إلى عمل فعال وشغل منتج، ولكن ما لا مناص منه كان لابـد مـن لفظ المتبقي من حـرارة المصدر من الآلة الى مركم حـراري مجاور الأمر الذي يعني إهدارها إلى المحيط بدون أي فائدة. وخلاصة القول وزُبدة الحديث في فهم مبدأ عمل الماكنـة البخارية (أي ماكنة بخارية)، هو بإدراك ضرورة وجود عنصرين فعالين في تصميمها وهندستهـا؛ أحدهما هو المرجل المسؤول عن توليد الحرارة وهو منبعها، والثاني هو المكثف – منخفض الحرارة – الذي يعمل على تفريغ المتبقي منها. وكلما زاد الفرق الحراري ما بين مستودع المنبع والإنتاج وبين مستودع الاستلام والتبريد، كلما زاد مقدار جزء الطاقة الحرارية المتحولة إلى شغل حقيقي فعّال، وهذا ما يعني عملياً زيادة كفاءتها.

يمكـن كتابة قانون (كارنو) لكفاءة أي ماكنة حرارية تعمل على (مبدأ الديناميكا الحرارية)

بوجود فرق في درجتي حرارة المنبع والمستودع رياضياً بالصورة التاليــة:

$$e = 1 - T_L / T_H$$

حيث تمثل e – مقدار كفاءة الماكنة و T_L – درجة حرارة الاشتغال الدنيا للماكنة بدرجات حرارة (كلفن) و T_H – درجة حرارة الاشتغال العليا للماكنة بدرجات حرارة (كلفن) ...ولا مـراء بأن كافة المكائن الحراريـة لابد وأن تُزود بالوقود لغرض إحراقـه (كشرط أول) لتجهيز الحرارة اللازمة لتمـدد الغازات التي ستوجه لتحريك مكابسها لتعمل. ولكن لا ننسى تجهيز الحرارة بمستوى (أعلى) مـن درجة حرارة المحيط وهو الشرط الآخر الواجب لعملها جميعاً. وبعبـارة رياضية أوضـح بإمكاننا القول بوجوب كون $T_H > T_L$. وعليـه فإن الحالة النظرية الوحيـدة التي تمكننا مـن الحصول على الماكينـة المثالية الكاملة ذات الكفـاءة البالغة 100% ستحقق فقط عندما تكون (T_L) مساوية لدرجـة حرارة الصفر المطلق. وفي المقابل لن يكون صعباً علينا الاستنتاج بأنه في حالـة تساوي درجـة حرارة المنبع مـع درجـة حرارة المحيط لأي ماكنـة أي ($T_L = T_H$) فستكون كفاءتهـا (صفراً)، أي أنها عمليا لا تعمل!! ولهذا فإن شرط اشتغال أي ماكنة حرارية تحتم عليها الحصول على فرصة (طرد) جزء من طاقتها الحرارية إلى محيطها (الأبرد) نسبياً.

ومـن المناسـب فـي هـذه المرحلـة إجراء نوع من المقارنة ما بين (كفاءة Efficiency) الأنواع المختلفة من المكائن عبر العصور، آخذين بنظر الاعتبار أنها الصفة الوحيدة التي يمكن أن تُعبِّر عن مقدار ما نستخلصه من (ربح) مما ندفعه من مال لقاء الحصول على الوقود لتشغيل مكائننـا على اختلاف أنواعهـا. فإذا ابتدأنا (بالماكنة البخاريـة) والتي نادراً ما تصمم للعمل بدرجات حرارة تفوق درجة حرارة (100 مئوية)، فإن (T_H) فيها سوف تبلغ (373 درجة حـرارة مطلقة)، وفي مثل هذه المكائن البدائية لا يمكن للحرارة (المعدومة) أن تكون أقل من درجـة حرارة المحيط التي تعمل فيه ... وعليـه فبإمكاننا اعتبار (T_L) مساويةً لحوالي (300 درجة حرارة مطلقة). والآن ولغرض حساب درجة كفاءة الماكنة البخارية (من زمن كارنو) – والتي كان لها فضل النهوض بكامل (الثورة الصناعية) في الغرب فإن:

فقط $e = 1 - 300 / 373 = 20\%$

هذا إذا أمكننا مقارنتها بمنشآت توليد الطاقة الكهربائية الحرارية الحديثة التي تعمل بحرق الغاز الطبيعي واستعمال بخار الماء المضغوط بدرجات حرارة عالية جداً تبلغ [ألف (1000) درجة حرارة فهرنهايتيه – أي ما يعادل (800) درجة حرارة مطلقة] مع مسربات حرارية ومبردات لا تزيد درجات حرارتها عن الـ (212 درجة فهرنهايتيه – أي ما يعادل 373 درجة مطلقة)، فإن مثل تلك المولدات سوف تشتغل بكفاءة نظرية قد تصل إلى (54%) أو أكثر قليلاً.

قارن نسبة الكفاءة هذه بنسبة كفاءة محركات السيارات ذات التصاميم الممتازة – كمحركات سيارات السباق مثلاً – والتي لن تزيد في أحسن الأحوال عن نسبة كفاءة قد تبلغ (56 – 60 %) لا غير، ولكن إذا أخذنا بنظر الاعتبار تصاميم الغالبية العظمى من السيارات الشخصية وسيارات النقل والحمل والتي صممت أصلاً لتكون خفيفة الوزن مع قابليات لا بأس بها للمناورة والرفاهة أو القوة في أداء الأعمال فإن كفاءة مكائن مثل تلك السيارات لن تزيد في أحسن الأحوال عن نسبة الـ (25 %).

ومن الجدير بالذكر هنا أن (كارنو) نفسه كان قد استبعد ومنذ وقت مبكر إمكانية تصميم أو بناء أي ماكنة مثالية ذاتية أو أزلية الحركة، ولكنه مع ذلك واظب على تحسين أفكاره وتصاميمه واستمر على توفير الاستشارات والنصائح وذلك من أجل الارتفاع بمستوى أداء المحركات والمكائن الحرارية إلى أقصى كفاءة ممكنة.

يُطلق على المكائن الحرارية التي تضمنها السرد السابق اسم (الآلات أو المكائن الدورية – Cyclical Devices or Machines) بمعنى أنها تقوم بامتصاص ولفظ الحرارة وتقوم بإنجاز (شغل – Work) ما تبعاً لذلك. ويستحيل على مثل تلك الآلات بلوغ درجة الكفاءة المثالية البالغة (100 %)، كما وتعتبر في ذاتها – لذلك – مثالاً ممتازاً لتطبيقات وحدود (القانون الثاني للديناميكا الحرارية).

تمكننا اليوم إعادة صياغة هذا القانون المهم والحيوي في حياة البشر والكون والمكائن بثلاث طرق هي:

1 – لا يسـمح (القانون الثـاني) مطلقاً بتحويل كامل الطاقة الحرارية إلى شـغل نافع ولابد من وجود فقدان ما في الطاقة. (حسب منظور اللورد كلفن).

2 – لا يسمح (القانون الثاني) مطلقاً بانسياب الحرارة الذاتي من الأماكن (أو الأجسام) الباردة إلى الحارة. (حسب منظور كلوزيس).

3 – يسـتحيل إتمام أي عملية أو فعالية أو نشـاط في الكون إلا ويمعيته زيادة ملموسة في مقدار الانثالبية. (يقتبس مفهوم الانثالبية هذا الكثير مما جاء به كل من كالفن وكلوزيس آنفاً).

يعود تاريخ سك مصطلح (الديناميكا الحرارية Thermodynamics –) إلى العام (1849) حينما ابتكره عالم الرياضيات والفيزيائي البريطاني الشهير [وليم تومسن William Thomson 1824–1907] والذي اشتهر عالميا بلقب (اللورد كلفن – Lord Celvin)، وقد جاء ذلك في ورقـة بحثـه الخالدة التي احتوت تفاصيـل عن تصاميم وكفاءة مختلف المكائـن البخارية. أما تاريخ صياغة مصطلح (الانثالبية – Entropy) فيعود إلى عام (1850) حينما خطا (كلوزيس) خطـوة أوسع وأبعد في تصوره لتصرف الحرارة وانتقالها وتقديـر كفاءة تحولها أيضا، وقد حدد تعريفهـا بأنها مقدار الطاقة الحرارية (المفقودة) والتي لا يمكن الاستفادة منها بتحويلها إلى (شغل – Work) نافـع. وكلمـة (الانثالبيـة Entropy) هي كلمة إغريقية الأصـل مشتقة من كلمة أخرى هـي (Entrepein)، وتعني (التحول). جاء تفسـير (كلوزيس) لاختياره لهذه الكلمة بالـذات للدلالة عما أراد التعبير عنـه في مقالته الشهيـرة الموسومـة: (Uber verchiedene fur die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der Mechanischen Warmetheorie) وترجمتهـا: (فـي سبيـل وضـع عدة أشكال عملية للمعادلات الأساسية المعبرة عن النظرية الميكانيكية للحرارة)، حين قـال:

> **((لقد وقع اختياري على كلمة (الانثالبية – Entropy) الإغريقية لأنها كانت بنظري أقرب كلمة اسـتطعت التوصـل إليها، مبنى ومعنىً، من كلمة (الطاقة – Energy) وذلك لتقـارب المفهومين من الناحيـة التجريبية العملية وتقـارب معناهما من الناحية الفيزيائيـة البحتـة، الأمر الذي حتّم الوصـول إلى صـياغة لغوية تعكس هـذا التماثل**

وتعبّر عن ذلك التشابه)).

حلل واضع مؤلف (القانون الثاني)، الكاتب (بيتر دبليو اتكنز - Peter W. Atkins) نقاط التشابه وأوجه الاختلاف ما بين كل من (كلوزيس) و (كالفن) بقوله:

((لقد نجح (كلوزيس) أكثر من (كلفن) في (جسر الحقيقة) بيواكير أعماله وتمكن من (بلوغ مربط الفرس)[1]، فلقد بيّن في ورقته المنشورة في عام (1850) بعنوان: (حول القدرة (Power) الحركية للحرارة) (Uberdie bewegende Kraft der Warme) فضل (كلوزيس) على (كالفن) حين قال:

> **((... وبعد أن استلهم (كلوزيس) مضمون الفكرة التي ابتكرها (كارنو - Carnot) والتي طورها وأضاف عليها كل من (جول - Joule) و (كلفن - Kelvin) على التوالي [ومضمونها - بأن الإلمام الكامل بالمسائل والإشكاليات التي كانت تحيط بمفهوم (الديناميكا الحرارية) هو أمر ممكن]، انصاع هذا الموضوع بفضله إلى التحليل والتهذيب والإضافة والتعديل. لقد كان تفكير (كلوزيس) ومنحاه بمثابة المجهر الذي تعمق بدقائق ومجاهل أمور (الديناميكا الحرارية) في حين اهتم (اللورد كالفن) بشمولية الموضوع وتشعباته فكان تفكيره أشبه بالمرقاب الفلكي المكبر البعيد المدى)).**

لقد وصف (اتكنز - Atkins) ورقة (كلوزيس) التي سبق له نشرها بعنوان: [Uber die bewegende Kraft der Warne) - حول القدرة (Power) الحركية] (للحرارة) بأنها من أعظم إنجازاته في خلال حياته العملية، إن لم تكن أعظمها على الإطلاق. ولقد أكد (يو نك سك كم - Yung Sik kim) مؤلف كتاب (جهود وفضل كلوزيس في تعميم وتطوير القانون الثاني للديناميكا الحرارية) قائلا:

> **((لقد بين (كلوزيس) وبالمعية ذهن ورجاحة فكر، بأن مقدار كمية الشغل(Work) المنجز من جراء استخدام أي ماكنة أو آلة تعتمد على مبدأ (دورة كارنو)، التي تعتمد أصلا في**

(1) ورد التعبير في أصل النص كالآتي: (Cut closer to the bone than had Kalvin). (المترجم).

ذلك على تحرك وانسيابية الحرارة ما بين مستودعين مختلفين في درجتي حرارتهما من جراء استثمار كمية معينة منها، يعتمد أصلاً وحصراً على الفارق الحراري بينهما ولا يُبالي ولا يعتمد أبداً لا على نوع الوقود المحروق ولا على طبيعة الشغل المنجز)).

وبذلك يكون أول من وضع الفكرة الأساسية الواضحة لمضمون وفحوى (القانون الثاني للديناميكا الحرارية) ووثقها في بحثه الشهير حول الحرارة والمنشور في عام (1850).

لقد شكلت تلك الورقة الرائعة باكورة أعمال (كلوزيس) العظيمة وخطوته الأولى على طريق تحليله وتعمقه في دراسة (القانون الثاني)، وتمكن خلال السنين العشرة الموالية من نشر ثمانية بحوث أصيلة معقمة جليلة، حاول من خلالها تبسيط هيئة القانون وجعله أكثر سلاسة وأيسر هضماً.

أما ورقته بحثه الرائعة الثانية والتي كان قد نشرها بعد حين بعنوان:
(Ubereine Veranderte Form des zweiten Hauptsatzes der Mechanischen Warmetheorie).

- (حول تحوير وتعديل شكل النظرية الثانية في الميكانيكا الحرارية)، فلقد تضمنت آراءه البارعة حول المضي قدماً بتطوير مفهوم (الانثالبية). وتعتبر هذه الفترة أو هذا الحد الزمني هو الفاصل الحقيقي الذي توقف عنده عن استعمال مصطلح (الانثالبية)، وصار أكثر ميولاً للتفكير بـ واستخدام مصطلحه الجديد وهو (التماثل في الانتقالية - Equivalence of Transformations) وكانت تلك هي نقطة شروعه لابتكار ووضع مفهومه الجديد القائل - بعدم قدرة الحرارة ذاتها على الانتقال من الأجسام الباردة إلى الحارة أبداً - وقد توجت كل تلك الأفكار واختصرت كافة الأعمال، بجملته الشمولية الجديدة، والتي كان قد توصل إليها في عام (1865)، وهي: [Die Entrpie der Welt Strebeinen Maximum]، وتعني: (تميل مجمل كمية الانثالبية في الكون دائماً إلى التعاظُم).

لقد ابتكر (كيولن - Guillen) وببراعة متناهية تطويراً متقدماً لموضوعة (كلوزيس)، والتي فسر بها رياضياً ضرورة تقادم كل شيء بما في ذلك الكون في (العمر)، وإن كل شيء لابد سائر إلى الفناء.

ويُكتب ابتكار (كلوزيس) ذاك رياضياً على الشكل التالي:

$$\boxed{\Delta S_{universe} \geq 0}$$

وأحد التعابير الكاريكاتورية اللطيفة لمضمون تلك (الجملة) الرياضية تأتي على شكل (شرح) تصرف منظومة أحد المصارف مع عملائه: والتي تجسد بالفعل ما المقصود (بقانون استحالة حفظ الانثالبية) الذي وضعه (كلوزيس) كالآتي:

((إن سر عمل هذا المصرف (وأي مصرف) يعتمد أصلاً على ضرورة وجود (نقود موجبة) في خزائنه تتأتى دائماً من ودائع المستثمرين فيه، صحيح أن بعض المصارف الربوية تقوم بمنح هوامش ربح محددة لعملائها وقد تقوم بتقديم بعض التسهيلات في الإقراض والمعاملات كما أنها قد توزع الجوائز والمنح والرواتب وتقوم بدفع مصاريف الإعلانات المختلفة، وهذا ما يعتبر أصلاً (نقوداً سالبة) يخسرها المصرف، وتخرج حقيقةً من خزائنه، ولكن مهما بلغت أقيام (نقود المصرف السالبة) فإنه لابد أن يتمكن من تغطيتها من أجور المعاملات وفوائد الإقراض وحصيلة المضاربات التي يقوم بها - بأموال ونقود المشاركين والمساهمين فيه - وعليه لابد أن يبلغ إجمالي نقوده الموجبة - أي ما يربحه من عملائه وأموالهم أكثر من إجمالي نقوده السالبة - أي ما يدفعه ويصرفه لهم، وبخلاف هذه القاعدة وهذا القانون لابد أن يفلس هذا المصرف إن عاجلاً أم آجلاً وسيغلق أبوابه ويُسرّح موظفيه لا محالة)).

لقد امتد اهتمام (كلوزيس) إلى مجال الغازات وتصرفاتها، إلى الدرجة التي حاول معها وضع تصوره الخاص حول حركة الجزيئات الغازية واستعمال نماذجها في تفسير تصرفاتها. وفي ضمن هذا السياق نراه يقترح ضرورة اكتساب جزيئات أي غاز لخاصية الحركة الدورانية - وذلك لتفسير مقدار الحرارة التي يكتنزها - إضافة إلى حركتها الانتقالية بخطوطها المستقيمة المعتادة. وكان قد تمكن بالفعل من التوصل إلى وضع أُولى علاقاته المهمة الخاصة بالغازات والتي تربط مقادير طاقاتها الحركية المعرفة بـ«Kinetic Theory of Gases» بقوانين الديناميكا الحرارية. وبعد ذلك كله شرع وابتداءً من عام (1875) بتطوير اهتماماته وأفكاره وتسجيل ملاحظاته وتحسين نظرياته في حقل الديناميكية الكهربائية (Electrodynamics).

لقد كان تاريخ تطور وحركة هذا العلم الوليد ومحاولة ادماجه مع الكثير من فروع

العلـوم الفيزيائية المستحدثة والتليدة على وشك البزوغ. هـذا وقد نما وتجانـس هذا المشروع العلمـي الذي جمع كل مـن الرياضي والفيزيائـي الأسكتلاندي العريـق [جيمس كلارك ماكسويـل James Clark Maxwell (1831–1879)] مـع (كلوزيـس) في عـام (1871) حتـى تجسّد، وصار يعرف بعلم (الديناميكا الحراريـة الإحصائية – Statistical Thermodynamic)، والذي اختص بدراسة وتحليل المواصفات الرياضية لأعداد كبيرة جداً من الجسيمات التي يجمعها نظام واحد، أو تخضع لشروط ومجموعة عوامل متجانسة.

كمـا تمكن الفيزيائي النمساوي [لودفك بولتزمـن Ludwig Boltzmann (1844–1906] في عام (1875) من وضع العلاقة الرياضية المدهشة التي ربطت ما بين (الانثالبية–S) والحركة والتي يعبر عنها بالمعادلة التاليـة:

$$S = k \ln W$$

وهنا تمثل S – مقدار معدل الانثالبية

و W – العـدد الاحتمـالي للحـالات الممكـن تقمصها مـن قبل النظـام و k – هو ثابت بولتزمن، والذي يمنح (S) وحداتها.

ومن طريف القول إن هذه المعادلة كانت قد نقشت على شاهدة قبر (بولتزمن)، فأصبحت السمة المميزة له!!.

ولـم يتخلـف العالـم الفيزيائـي الأمريكـي الحصيف [ريجارد فلبس فينمن – Richard Phillips Feynmann (1918–1988)] عـن الإدلاء بدلـوه والمساعـدة في تفسـير وفهـم نموذج (بولتزمن) للانثالبيـة. وخير ما طرقه من المواضيـع ذوات العلاقة كان تفسيره لمبادئ ومفاهيم النظام والعشوائية من وجهة النظر الرياضية البحتة، وقد ذكر ذلك في فصل (الانثالبية والنظام) من كتابه البديع (محاضرات في الفيزياء) والذي جاء فيـه:

((دعنـي أفتـرض إمكانيـة تقسيم فضاء معين [سأرمز له بالحرف (أ) ألـف، مثـلاً] إلى عناصـر صغيـرة متعددة، يحمل كل منها رقماً خاصاً به (مثل 1، 2، 3، 4... وهكذا).

فإذا كان لدينا نوعين مختلفين من الجزيئات (ولنعتبرهما باللونين الأبيض والأسود مثلاً)،

فمـا هو عدد الاحتمالات التـي يمكننا افتراض حدوثها إذا رغبنا باصـطاف الجزيئات السوداء في جهة من هذا الفضاء واصطفاف الجزيئات البيضاء في الجهة الأخرى منه؟ ومـن ناحية أخرى؛ ما هو عدد الاحتمالات التي يمكننا الحصـول عليها عندما تذهب أي جزيئة إلى أي مكان تريد – وبدون لا ضـابط ولا شرط؟ من البديهي أن يكون عدد الاحتمالات في فرضـيتنا الثانية أكثر بكثير من عددها في فرضـيتنا الأولى. ومما سـبق يمكننا أن نسـتنتج تعريفاً لمعنى (الفوضـى – Disorder) وطريقةً لقياسـه؛ باعتباره عدد الاحتمالات الممكن أن تصـطف بموجبها العناصر المكونة لأي نظام، بحيث يبدو كل احتمـال منها (لأي مشـاهد أو مراقب من خـارج هذا النظام) وكأنه يشـابه كافة الاحتمـالات السـابقة (أي بحيث لا يمكن للمراقب من ملاحظـة أي تغير في النظام). والآن بإمكاننا تعريف (الانثالية) رياضـياً بأنها لوغارثـم عدد الاحتمالات التي يمكن أن تصف بها عناصر أي منظومة نفسها بدون أن تبدي أي تغير لمراقب خارجي. والآن – كلما كبر حجم عناصر مجموعة ما (محصـورة في فضـاء محـدود) وكلما حددنا حرية تحركها أو قنّنا أشـكال المجموعات المصـغرة التي بإمكان تلك العناصر اتخاذها، كلما قلت انثالية ذلك النظام أي زاد نظامه وقلت العشوائية فيه)).

لقـد ذكر لنا (جـون هتجنسـن – John Hutchinson) مثالاً فكريـاً لطيفاً، فسر به، وساعدنا على تصور كيفية انسياق أي نظام إلى العشوائية. جاء ذلك في كتابه المعنون (التوازن والنظام والقانون الثاني للديناميكية الحرارية) حين كتب يقـول:

((دعنا نتصور وضعنا لنقطة (حبر) في إناء ماء صاف. عند ملامسة نقطة الحبر لسطح الماء ستكون جزيئات الحبر مركزة جداً، الأمر الذي يدفعنا إلى اعتبارها (قريبة) جداً بعضها من بعض. ولكن وبمرور الوقت سنلاحظ انتشار (مادة) الحبر خلال كامل إناء الماء. لقد تمكن العلماء من إثبات إمكانية حصول عملية (الانتشار) فعليا في الإناء بدون أدنى حاجة لأي فارق حراري، وعليه سـنستنتج طبيعيا عدم حاجة هذا النظام (نقطة الحبر وانتشارها ضمن جزيئات الماء في الإناء) لأي امتصـاص أو إنتاج للطاقة خلال عملية الانتشار والتداخل.

وهنا علينا ألا نغفل الفرضية القائلة بأن جزيئات مادة الحبر ستنتشر (وتتحرك) بدون أي ربح في الطاقة أو أي خسارة بها، بمعنى أن العملية سوف تتم تلقائياً)).

ملخص ما رمى إليه (هتجنسن) في مثاله وأرادنا أن نفهمه يتجسد واضحاً عياناً إذا ما حاولنا تمثيل التجربة السابقة التي جاء بها واستحضار نموذج يحاكيها؛ والآن لك أن تتصور وجود سطر من المربعات – يمثل كل واحد منها مكاناً محتملاً لتواجد جزيئة حبر داخل إناء الماء، أو تواجد جزيئة ماء صافية دون تداخلها مع جزيئة الحبر. نطلب منك في الخطوة الثانية (تعليم) – أي وضع علامة – للتمييز والتفريق بين جزيئات الحبر وجزيئات الماء... ولتكن أي علامة تحب [كعلامة الوجه المبتسم مثلاً: (☺) Smiliey] ولغرض الشروع في التوضيح دعنا نتفق أيضا على تمثيل قطرة الحبر الواحدة – بكل جزيئاتها – على شكل ثلاثة أوجه مبتسمة متصافة كما يلي:

			☺	☺	☺				

ببقاء كافة جزيئات قطرة الحبر متراصة مع بعضها – (وهذا ما اتفقنا على تمثيله بالشكل الآنف – على كون الوجوه الثلاثة متراصة مع بعضها)، لا يمكننا إلا وضع ثمان تشكيلات مختلفة في المواقع العشرة السابق افتراضها، على اعتبار كون جزيئات الحبر الثلاثة أعلاه متشابهة تماماً ولا فرق بينها أبداً، وأنها بمجموعها (3) تمثل كامل قطرة الحبر المستعملة.

ولكننا وبطبيعة الحال سوف نحصل على عدد أكبر من الاحتمالات إذا حاولنا التلاعب وتغيير أماكن (جزيئات القطرة – ونعني بذلك الأوجه المفردة كل على حدة). وعليه يمكننا وضع الاستنتاج الأول التالي وهو: **أن احتمالات توزيع (القطرات الكاملة) فيما بين جزيئات سائل أو انتشارها، لابد وأن يكون اقل من عدد احتمالات توزيع (جزيئات القطرة الكاملة)** فيما بين جزيئات نفس السائل. وباستعمال نموذجنا السابق يمكننا أن نرسم الشكل التالي:

		☺		☺			☺		

سنحصل – رياضياً – وباستخدام هذا التمثيل على مجموع احتمالات مقداره (112) في حالة إعادة توزيع الجزيئات مع افتراضنا احتفاظها (بعد اختلاطها) بعضها ببعض من ناحية، وضرورة افتراضنا أن كافة الجزيئات الممثلة في هذا النموذج متماثلة تماماً وتشبه الواحدة منها

الأخرى من ناحية ثانية. أما عدد الاحتمالات الممكن إعادة تشكيل الجزيئات بها – وبدون أي تكــرار – فسيبلغ (120) احتمالاً. وعليه يمكننــا الاستنتاج بسهولة بأن احتمالية احتفاظ كافة جزيئات قطرة الحبر بنظام تراصها مع بعضها (الممثل بوجود الوجوه الثلاثة متقاربة مع بعضها في نموذجنا السابق) سيبلغ معدل احتمالية مقداره 8 مرات فقط من مجموع الـ(120) احتمال.

تنص (النظريــة الحركية) على وجوب كون كافــة جزيئات أي مادة أو عنصــر في حالة حركة عشوائيــة مستمــرة، تعيد خلالها ترتيــب جزيئاتها بصــورة فوضوية غير التي كانــت عليها قبل هنيهــة من الزمن. وبما أن الغالبية العظمى من هذه التشكيــلات التي تتخذها الجزيئات لا يؤهلها (للاصطفــاف المنتظم) لتكون (حالة القطرة) شديــدة الانتظام قليلة الفوضى ولذلك فإننا لا نرى (القطــرة) بعــد إسقاطهــا في إناء الماء. وإنما علينــا أن نستنتج – طبيعياً – بــأن الغالبية العظمى من جزيئات تلك المادة وللغالب الأعم من وقت تواجدها ستكون بالحالة العشوائية (البعيدة فعلياً عن تشكيل القطرة). يحدث التداخل والتمازج ما بين جزيئات الماء وجزيئات الحبر لوجود الكثير من تشكيــلات واحتمالات الاصطفاف الجزيئي العشوائي والتي (لم تحدث بعد) من التي قد حدثت فعــلاً، وعليه تستمر الجزيئات بالاختلاط والتمازج (وتتصرف ضمن حركتها العشوائية) المعتادة مرة بعد أخرى لأنها بذلك تقترب شيئاً فشيئاً وبمرور الوقت من الحالة المستقرة النهائية المحتملة.

لتوضيح أمثلتنا السالفة أكثر، وباستعمال لغة (الديناميكا الحرارية) ذاتها يمكننا أن نقول بأن افتراض وجود احتمالات الأماكن الـ(112)، وهي ما يطلق عليه رياضياً (W– أي الحالات الاحتماليــة الصغرى – Microstates)، هو ما يُنشئ الحالة (أو الحالات) الواقعية الكبرى (أي الحالــة الفعلية). وحالتنا الفعلية (الكبرى) في مثال نقطة الحبر في إناء الماء هي بامتزاجها معه. وللسبب السابق عينه – وباستعمال القانون الرياضي التالي:

$$\boxed{S\,(W) = K\ln W}$$

سنتمكن من حساب مقدار (الانثالبية)، وبذلك سنقتنع (أو على الأقل سنشعر) بحقيقة... لِمَ ستــزداد انثالبية أي نظام إذا ما زادت حالاته الاحتمالية الصغرى. وسيمكننا هذا المثال من إعــادة صياغة (القانون الثاني للديناميكا الحرارية)، فنقول بأنه كلما عظم حجم (أو مساحة)

أي نظام فإن مجمل مقادير الاحتمالات الموجودة فيه ستزداد (ونعني بذلك زيادة قابليته على الامتزاج بأي مادة أخرى تضاف إليه، أو تختلط به)، وعليه سيكون حاوياً على مقدار أكبر من الانثالبية وعليه فإن كثرة التحركات العشوائية (الذاتية) لمكوناته (..... حالاته الاحتمالية الصغرى) ستمكنه من بلوغ حالات تحتوي على كمية انثالبية أكبر.

ولنا اليوم أن نتذكر إنجازات (بولتزمن – Boltzmann) العظيمة ونُكبر من شأنه لتوصله إليها، كما لنا أن نتذكر مآسيه ومصاعبه وانتحاره لنحزن عليه. لقد توصل الرجل بأفكاره وأعماله التي أحاطت بمفهوم (الديناميكا الحرارية)، كما أحاطت بظواهر (الحرارة) ومنظور (العشوائية) إلى ضرورة وجود مفهوم (أجزاء صغيرة جداً – أسميناها لاحقا) الذرات، يعتمد عليها ويفترض تحركها المتكرر والعشوائي لغرض تفسير ظاهرة الحرارة كصفة احتمالية إحصائية للمواد. ولكن القدر لم يكن في صالح عقله المستنير، ولا مع حظه في الربح الوفير فقدر له وجود الثلة من معاصريه، ونذكر منهم الفيزيائي النمساوي المرموق [ارنست ماخ (1916–1838) Ernst Mach] والكيميائي الألماني العتيد [فلهلم اوستوالد (1932–1853) Wilhelm Ostwald] اللذان لم ينفكا أبداً عن جداله واستسخاف آرائه، فهما لم يكونا ليكتفيا بجداله علميا وتفنيد ما ذهب إليه منطقياً، وإنما طفقا يشيعان عنه الإشاعات وينتقصان من شخصه ومن أفكاره.

بلغ (سيل – بولتزمن من جراء انتقاداتهما اللاذعة – الزُبى)[1] وساءت حالتا الكآبة والانكفاء اللتان لازمتاه، فعمد إلى الانتحار في عام (1906). ظهر من التحليل النفسي (الرجعي) المتقدم – بعد وفاته – إصابته ومعاناته من (الأعراض الانفصامية الحادة – Bipolar Disorder) وضعف معدلات صبره وتحمله للضغوط العصبية والنفسية، واللائي كنّ يتعاظمن ويستفحلن في خلال فترات نقاشه المحتدم مع زملائه وعند شعوره بالمهانة والانتقاص والتقليل من شأنه من قبل معاصريه. كل ما قد وصل إلينا – على وجه اليقين – حول حالته في أيامه الأخيرة، وعن حادثة انتحاره أنه كان قد قرر قضاء فترة عطلة

(1) والزُبى – هي أعالي الجبال وسامق الارتفاعات التي تتخذها كبريات الطيور الجارحة أعشاشاً لها. (المترجم).

للاستجمام والراحة، وكان قد اصطحب معه كل من زوجته وابنته، ولم يلتفت الجميع إلا وقد علّق رقبته بحبل أنشطه بفرع جبار لشجرة عالية بجانب حوض السباحة وشنق نفسه!! وبمقاييسنا اليوم وبضمن مفهومنا الحديث للعلوم لا نرى أي شائبة من محاولات (المسكين) اشتقاق مفاهيم الديناميكا الحرارية من افتراض وجود جسيمات صغيرة جداً تكوِّن صُلب المادة الغازية – أسميناها بالذرات ولكن علينا ألا ننسى أيضاً أن علماء الحقبة التي عاش فيها (بولتزمن) ومفكريها لم يكونوا ليؤمنوا بوجود شيء اسمه (الذرات) في ذلك الزمان.

وصف واضع كتاب (تاريخ الضوضاء) المؤلف (ليون كوهن – Leon Cohn) (بولتزمن) بكل العلمية والموضوعية والتعاطف بأنه كان:

(([رجلاً ولا كل الرجال]... لقد امتاز بولتزفي بكل شيء ونجح في كافة مساعيه، فلقد كان فارع الطول، عظيم الجثة قوي الشخصية ذو شهية طاغية عارمة للطعام وللتنويع فيه. أحب السفر بشغف وأولع بالإثارة بوَلَه، كما كان وسيماً، وكان مرحاً يحب النكتة والحياة (في حالات صحوته)... ناهيك عن ذكر إنجازاته العلمية الفريدة وأعماله الخالدة. إلا أنه عانى وفي ذات الوقت من نوبات قاتلة من الكآبة والانطواء، وكان غضبه (في سوراته) جباراً قد يبلغ به أحياناً مبالغ الجحيم. ومن نافلة القول وسخرية القدر أن نذكر أنه كان عالماً فذاً ورجلاً مقداماً لم يفشل في حياته قط فقد كان النجاح حليفه دائماً... حتى في إقدامه على الانتحار!! ولكنه كان في مجمل مسيرته لطيف المعشر حلو الحديث وكان يُغَمّ عليه معرفة أسباب معاداة أصدقائه العلماء له وانتقاصهم من شأن أفكاره، رغم إيمانه الراسخ بأن ما كان يرمي إليه لم يكن سوى رغبته الصادقة بتقدم العلم وحبه الشديد لاكتشاف ما يمكن أن يستجد فيه. ورغم المآسي التي صاحبت حياته، إلا أنّ هناك بعض ما يثلج الصدر ويعزي النفس في سيرته الصاخبة المحزنة...، مثلما جاء على لسان العالمة والفيزيائية المكتشفة لظاهرة الانشطار النووي (ليزا ميتنر – Lisa Meitner)، والتي ذكرت (بولتزمن) بأنصع صورة ووضعت تصرفاته بأحلى إطار حين قالت: كيف لي أن أنسى أستاذي ومعلمي (بولتزمن) والذي

كان القدوة لنا جميعاً في اندفاعه وطموحه وإخلاصه في إيصال كل ما كان يروم تعليمنا إياه بحيث علق في ذاكرتي أننا كنا في صـدد إبحار جديد واكتشاف عظيم في مستهل كل محاضرة حضرناها له، ناهيك عن خلقه اللطيف وتعامله النازك معنا الأمر الذي لم أر بجماله ولا حلاوته مثيلاً ولما تبقى من عمري وممن عاشرت من زملائي)).

وبعـد هذا السفر الممتع للبعض (أو المضني للبعض الآخر) دعني أختتم موضوعي الذي تناولت فيـه بالشرح والإسهاب توضيح المقصود العلمي من (**قانون كلوزيس للديناميكا الحرارية**) بطرح اللغز التالي والذي عادة ما أختتم به مواضيعي ومحاضراتي لطلابي والذي غالبا ما نال استحسانهم...

دعنـي فقط أذكرك - وبسرعة - بالاحتمال الضئيل - والضئيل جداً - الذي سبق طرحه، وهـو احتمال اختناق أحدنـا في غرفة إذا ما صـادف ارتحال وهجرة كافـة جزيئات الهواء المتواجد فيها إلى إحدى زواياها... ولا حاجة للتذكير بقرابة (صفريه) هذا الاحتمال بالنظر للحركة العشوائية لجزيئات الهواء فيها. ولكن لغرض إدراك هذه الاحتمالية (الشبه صفرية) دعنـي أبتكر مسألـة بسيطة، أفترض فيهـا وأتساءل عن مدى احتماليـة (قفز وهجرة) عشر جزيئـات فقط من هـواء الغرفـة (وتجمهرها) فـي إحدى زواياهـا والتي لن تشكل أكثر من 10% من مجمل الحجم الكلي لها؟

وإليـك الحل: لنفرض ابتداءً - ولغرض تبسيط المسألة - وجـود جزئية هواء واحدة فقط شاءت أن (تتمرد وتقفز) بنفسها إلى زاوية الغرفة مبتعدة عن موقعها الطبيعي الذي يمليه عليها أسلوب حركتها العشوائية الذي تمليه عليها اصطداماتها ببقية الجزيئات المحيطة بها. بحساب الصدفة فقط فإن لها احتمالاً يبلغ 10% أو (العُشُر) أن تصل إلى موقع جديد محدد مسبقاً في الزاويـة التي يبلـغ مجمل حجمها 10 % من حجـم الغرفة ككل. ولكـن إذا افترضنا وجود جزيئتـين بالسيناريو السابق (أي افتراض تحركهما لبلـوغ الزاوية) فإن الاحتمال الإحصائي لتحقيـق ذلك الافتراض سيتقلص ويقل كثيراً عما هو الحـال عند وجود جزيئة واحدة، فهو سيصبح [$^1/_{10} \times {^1/_{10}} = 1\%$] فقط، ولكن اذا فكرنا بالجزيئات العشرة التي ابتدأنا بها فرضيتنا فسيتقلص الاحتمال أكثر إلى احتمـال واحد مـن (10،000،000،000) احتمال!! وإذا

أكملنا حساباتنا على هذا المنوال فإن حظ (100) جزيئة في بلوغ زاوية الغرفة التي لا تشكل أكثر من 10% من كامل حجمها سيتضاءل ليصبح احتمالا واحدا من (كوكول – Googol) احتمالا لبلوغ هذا الهدف. والكوكول – هذا وللعلم فقط – يبلغ رقما مهولا هو العدد عشرة وأمامه (100) صفر!! أي العدد عشرة مرفوعاً إلى الأس (100). وبحساب معقد نوعا ما نستنتج بأن الزمن اللازم لكل (المئة) جزئية لبلوغ زاوية الغرفة سيستغرق دهراً يضاهي عدد مضاعفات عمر كوننا الحالي بمقدار هو العدد عشرة مرفوعة إلى الأس 80 (10^{80}). لقد أُعجب الرياضي والكاتب الألماني (روبرت ارلخ – Robert Ehrlich) بالطرفة السابقة كل الإعجاب وقام بإجراء بعض الحسابات الذي جاء ذكرها في كتابه الجميل **(ما الذي سيحدث إذا تمكنا من إعادة البيضة المخفوقة سالمة صحيحة إلى داخل قشرتها؟)** حين أوضح أن معدل عدد الجزيئات الموجودة في غرفة اعتيادية يبلغ على وجه التقريب... الرقم عشرة مرفوعة إلى القوة 27 – أي (10^{27}) وعليه سيبلغ احتمال تجمهرها جميعاً واحتشادها في زاوية الغرفة مبلغاً لا يكاد يذكر لضآلته – وبسبب حركتها العشوائية – وهو:

$$\boxed{10^{10^{27}}}$$

إن ضآلة هذا الكسر قد تتوضح لنا أكثر بحساب الاحتمالات إذا قارناه وساويناه باحتمال إمكانية قفز تمثال الحرية (الأمريكي) إلى السماء وتصفيقه بيديه تاركا مشعله ليسقط في البحر!!. ولا تعجب عزيزي القارئ من هذه الأرقام والاحتمالات الافتراضية، ووفر عجبك إلى الحالات العملية الفعلية والتي تنطبق على جزيئات الغازات الحقيقية والتي لها خاصية الانتشار في الفضاء إضافة إلى خاصيتها في الحركة العشوائية وهذا ما يعني تولد احتمالات مواقع جديدة كثيرة أخرى اعتماداً على المواقع المتغيرة السابقة واللتان تتضاعفان مرات ومرات بمرور الزمن.

دعني أختتم هذا **(الصداع)** بملاحظة واحدة أخيرة وهي تتعلق بربط مفهومي (الطاقة – Energy) بـ (الانثالبية – Entropy)...

يعرف مصطلح (طاقة كبس الحرّة – Gibbs Free Energy) بأنه مقدار ذلك الجزء من طاقة أي نظام ديناميكي حراري والذي له القدرة على إنجاز (شغل – Work) نافع. ويمكننا

اشتقاق التعريف السابق والذي يرمز له بالحرف (G) من (قانون كلوزيس) وعليه سيكون:

$$G \equiv U + PV - TS$$

حيث يمثل G – مقدار طاقة (كبس) الحرة و U – مقدار الطاقة الداخلية للنظام و P – ضغطه و V – مقدار حجمه و S – مقدار الفرق في انثالبيته

تشكل المتطابقة السابقة مع المعادلة التاليـــة

$$\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S$$

حيث تمثل ΔH – مقدار التغير في انثالبية النظام (أي مكنونه الحراري).

تبرز الأهمية البالغة لمثل المعادلات والمتطابقات السابقة جليةً إذا أدركنا أهميتها وتطبيقاتها في مجالات الكيمياء الفيزيائية وحين ينصب اهتمامنا على ضرورة معرفتنا المسبقة فيما إذا كان أي تفاعل في الطبيعة سيتمكن من المضي قُدماً إلى نهايته تحت ظروف ثابتة من درجة الحرارة ومنسوب الضغط أم لا!. لابد لأي عملية أو تفاعل أو حادثة في الطبيعة – والتي تتم بصورة ذاتية بدون أي تدخل لطاقة أخرى في أحداثها أو استمراريتها – أن تكون متصاحبة، وبمعية مقدار تغير سالب في مقدار (طاقة كبس الحرة G) في حيز النظام الذي تتم فيه: أي [$\Delta G<0$] (ولي الحق أن أذكر هنا أنه لولا هذا القانون لما استطعت أنا شخصيا من إكمال ترجمة هذا الكتاب).

أما مصطلح (طاقة كبس الحرة – Gibbs Free Energy) فقد اشتقّ من اسم الفيزيائي والعالم الكيميائي [جوشيا ولرد كبس – Josiah Willard Gibbs (1839–1903)] والذي عُدّ واحدا من أعلام العلماء الأمريكيين الذين عاشوا خلال فترة القرن التاسع عشر. وقد جاء في وصفه والتعريف به في الموسوعة البريطانية على لسان الكاتب (ج. ج. كوثر – Cowther) ما يلي:

((لقد نذر (كبس) نفسه للعلم فلم يتزوج مطلقاً، وظلّ عازباً يعيش في دار أخته، وفي خلال سني عطائه، كان رجلا سامق القامة، وسيم الملامح، طيب الخلق، لطيف المعشر، جزل الحديث، وإن كانت محاضراته صعبة المنال وعزيزة الفهم إلا من قبل أخيار الطلبة النجباء وطليعة أذكيائهم..

لقد كان وقوراً في تصرفاته وأفكاره، ونال إعجاب أصدقائه وجيرانه، إلا أن سوء طالعه أوجده في زمن طغت الحياة المادية والأسئلة العملية والإنجازات الملموسة على عقلية الأمريكيين وشكلت حياتهم واستحوذت على جُلّ اهتماماتهم، وعليه لم تلق إبداعاته الفكرية ولا إنجازاته النظرية القدر الكافي من الرعاية ولا ما تستحقه من احترام وتقييم وتبجيل خلال فترة حياته. وبناء على ذلك نراه قد اعتزل الحياة العامة في مدينته (ييل - Yale) وعافتها نفسه وانزوى بنفسه وأفكاره إلا عن المقربين له من أصدقائه وطلابه. وبناء على ما سبق لم يتمكن (كبس) من إيجاد التأثير المتناسب مع مكانته العلمية وملكته الفكرية على المجتمع العلمي الأمريكي آنئذ، والذي لم يعره بدوره أي اهتمام لا لشخصيته ولا لعبقريته)).

قارن كبس (وبأسلوب فطن، ذكي) ما بين منحى وطريقة تفكير معظم الرياضيين وما بين منحى وتفكير أغلب الفيزيائيين. وقد نقلت دورية العلوم الشهرية في عددها الصادر في شهر كانون أول (ديسمبر) من عام (1944) قوله ما يلي:

((بإمكان الرياضي - أي رياضي - أن يقول ما يشاء، ولكن على الفيزيائي الحصيف ألا يصدق كل ما يُقال له...)).

أشار مؤلف كتاب (فيزيائيون عظام)، الكاتب (وليم اتش. كروبر - William H. Croppor) إلى منزلة (كبس) وما قدمه إلى حقل علوم الديناميكا الحرارية بقوله:

((لقد كانت منزلة (كبس) نسبة للعلوم الديناميكا الحرارية، كمنزلة (نيوتن) لفيزياء القوى والجاذبية. فلقد انبرى بشجاعة واقتحم بإقدام كل المواقع التي تردد (كلوزيس) نفسه باقتحامها.

لقد أدرك (كبس) وبوقت مبكر العلاقة التي تربط ما بين الطاقة والانثالبية واستفاد منها كل الاستفادة خصوصا في دراسته للتغيرات والتفاعلات الكيميائية، وتمكن من إضافة المصطلح العلمي والعملي المهم المعروف (بفرق الجهد الكيميائي الكامن - Chemical Potential Difference)... واتخذه أساساً لنظرياته وأفكاره في

هذا الموضـوع والذي فتح - حينما جاء ذكره في أطروحاته وأبحاثه - الباب واسـعاً على مصراعيه وأخذ المشهد الحراري إلى أفق أرحب، وأبعد بكثير مما اختطته له النظرية الحرارية بمفهوم (كلوزيس) نفسه...)).

هنـاك قانـون آخر ذو علاقة اسمه (قانـون هس لمجمل الحرارة الثابتـة - Hess's Law of Constant Heat Summation) وقـد اكتشفـه العـالم الكيميائـي السويسـري المولد، الروسـي الجنسية [جرمين هنري هس Germain Henri Hess 1802-1850]؛ والذي ينص على أن **مقدار كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة من أي تفاعل كيميائي حراري - سـلبي الحرارة كان أم إيجابياً - تعتمد على حالتي تفاعل الشروع والنهاية فقط، ولا تعتمد لا على مقدار الحرارة الممتصة ولا الناتجة خلال حدوث الخطوات الوسطية الموصلة إلى ناتج التفاعل النهائي.** ولقـد فسحت لنفسي المجال لمناقشة هذا القانون بإسهاب أكثر في باب (المتنافسون العظام) في آخر هذا الكتاب.

امتـدت يد المنـون لتختطف روح (كلوزيـس) في مدينة (بـون - Bonn) الألمانية في ليلة من ليالي عـام (1888). وكتب نعيه، الذي نشرته دورية (إنجازات الأكاديمية الأمريكية للعلوم والفنون) ومقرها مدينة بوسطن (Boston)، (كبس) بنفسه، ولم يجحف فيه أحقية (كلوزيس) بلقب (الأب الشرعي للديناميكا الحرارية) بلا منازع، فلقد أعاد للأذهان في ذلك النعي وثبت حقيقة بداية حقل الديناميكا الحرارية فعليا في عام (1850) عندما نشر (كلوزيس) ورقة بحثه الأولى والشهـيرة حول (القانون الثاني)، كما أشاد (كبـس) أيضا بأهمية الصياغة العلمية التي تقـدم بها اللورد (كلفـن) لذلك القانون والتي ظهـرت في العام المـوالي أي في عام (1851) وأكـد اعتمادها واستفادتها البالغة من بحوث وأعمـال (كلوزيس) السالفة. كما أشاد العالمان والمؤلفـان (ديباشش شـودوري - Debashish Chowdhury) و (دايترخ ستـاوفـر - Dietrich Stauffer) بمنزلـة (كلوزيس) وبأهمية ورقته المنشورة في عام (1850) في كتابهما الموسوم: (مبادئ التوازن في الميكانيك الإحصائي) والذي جاء فيـه:

((لقد جاءت مسـاهمات وأفـكار (كلوزيس) داعمة ودافعة لعلـوم الديناميكا الحرارية

إلى الأمام بنفس الطريقة والأهمية والمقدار الذي ساهمت فيه أفكار وإنجازات (نيوتن) لدفع علوم الميكانيك إلى الأمام، وبنفس المقدار والأهمية التي ساهمت به معادلات (ماكسويل) على دفع علوم الكهرومغناطيسية إلى التقدم. لم يغب عن ذهن (ج. دبليو كبس - J.W.Gibbs) وهو يقرأ نعي (كلوزيس) الإشارة إلى أهمية أول مذكرة بحث نشرها والتي كانت بحق، (قمة من قمم الإنجاز العلمي في حقل الفيزياء، قل نظيرها في تاريخه...)، لم يقدم لنا التاريخ الكثير عن تفاصيل حياته ولا عن أحداث صباه وحياته، إلا أن أهم ما سيتبقى في ذهن الدارسين والباحثين عنه هو ما ثبته (كبس) عنه، مشيراً إلى مدى الإجحاف ودنو المنزلة التي قوبلت به أبحاثه المنشورة - على قلتها وأهميتها - من قبل السواد الأعظم من علماء عصره... بقوله: (لا يعتمد مدى أهمية الفرد ومقدار سمو زخمه الذهني على مقدار ما يرصه من بحوث وكتب على رفوف المكتبات، وإنما تعتمد على مدى الاحترام الذي استطاع أن يزرعه ويرعاه في أذهان القلة من طلابه ومعجبيه، وعلى عمق الأثر وشمولية التأثير الذي تركه إنجازه على باقي العلوم)).

تم تقدير الجهود العظيمة التي بذلها (كلوزيس) للعلم ومريديه وذلك بتسمية إحدى فوهات القمر بقطر (24 كيلو متراً) باسمه، وقد تمت المصادقة على هذه التسمية من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالمية وذلك في عام (1935). ذكرت (اليزابيث كاربر - Elizabeth Garber) في كتابها القيم (لغة الفيزياء) بعض الصفات الفريدة والخصال العتيدة التي تحلى بها (كلوزيس) والتي لم تكن من المعتاد من الصفات ولا من المتداول من الخصال حين قالت:

((لم تكتس أبحاث (كلوزيوس) بصبغة أبحاث القرن التاسع عشر، ولم ترتد ثوبها أبداً. فلقد كانت ذات نكهة خاصة بمزيجها التجريبي والرياضي. لقد عرف بكونه فيزيائياً نظرياً نطاسياً، إلا أنه لم يكن يميل إلى نشر تجاربه ولا أبحاثه ولا الرياضيات التي استند إليها فيهما أبداً، رغم إدراكه العميق ويقينه التام بصحتها.... أضف إلى كل ما سبق حيازته كأس السبق من بين كافة الفيزيائيين الألمان في إلمامه الرصين وإدراكه العميق بحيثيات وتفاصيل الرياضيات المعاصرة وقابليته الفذة على مناغاتها ومجالدتها وتطويعها لتنقاد إلى تحقيق كافة أغراضه ومراميه....))

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Atkins, Peter. W., *The Second Law* (New York: Scientific American Books, 1984).

Cardwell, Donald, *From Watt to Clausius: The Rise of Thermodynamics in the Early Industrial Age* (Ames: Iowa State Press; reprint edition, 1989).

Carnot, Sadi, *Réflexions sur la puissance motrice du feu* (Paris: Bachelier, 1824).

Chalmers, Matthew, "Second Law of Thermodynamics 'Broken,'" *NewScientist.com*, July 19, 2002; see www.newscientist.com/article.ns?id=dn2572.

Chowdhury, Debashish, and Dietrich Stauffer, *Principles of Equilibrium Statistical Mechanics* (Hoboken, N.J.: Wiley, 2000).

Clausius, Robert, "Obituary notice," in *Proceedings of the Royal Society* (London: Harrison and Sons, 1891)

Clausius, Rudolf, *Über verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie. Annalen der Physik und Chemie*, 125: 353-400 (1865).

Cohen, Leon, "The History of Noise," *IEEE Signal Processing Magazine*, 22(6): 20–45, November 2005.

Cowther, J. G., "J. Willard Gibbs," *Britannica Concise Encyclopedia*; see concise.britannica.com/ebc/article-9365569.

Cropper, William H., *Great Physicists: The Life and Times of Leading Physicists from Galileo to Hawking* (New York: Oxford University Press, 2001).

Daub, Edward, "Rudolf Clausius," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Eddington, Arthur Stanley, *The Nature of the Physical World* (New York: Macmillan, 1928).

Ehrlich, Robert, *What If You Could Unscramble an Egg?* (New Brunswick, N.J.: Rutgers University Press, 1996).

Feynman, Richard, "Order and Entropy," in *Lectures on Physics* (Boston: Addison Wesley Longman, 1963).

Garber, Elizabeth, *The Language of Physics: The Calculus and the Development of Theoretical Physics in Europe, 1750-1914* (Boston: Birkhäuser, 1998).

Guillen, Michael, *Five Equations That Changed the World* (New York: Hyperion, 1995).

Hutchinson, John, "Equilibrium and the Second Law of Thermodynamics," Connexions Web site, March 30, 2005; see cnx.rice.edu/content/m12593/1.2/.

Kaku, Michio, *Hyperspace: A Scientific Odyssey Through Parallel Universes, Time Warps, and the 10th Dimension* (New York: Anchor, 1995).

Kim, Yung Sik, "Clausius's Endeavor to Generalize the Second Law of Thermodynamics, 1850–1865," *Archives Internationales d'Histoire des Science*, 33(111): 256-273, 1983.

Klyce, Brig, "The Second Law of Thermodynamics: Quick Guide to Cosmic Ancestry," in *Cosmic Ancestry*; see www.panspermia.org/seconlaw.htm.

Laidler, Keith, *Energy and the Unexpected* (New York: Oxford University Press, 2003).

Powell, Corey S., "Welcome to the Machine." *New York Times* Book Review, Section 7, p. 19, April 2, 2006.

Rajasekar, S., and N. Athavan, "Ludwig Edward Boltzmann." arXiv.org: see arxiv.org/PS_cache/physics/pdf/0609/0609047v1.pdf.

"Third Law of Thermodynamics," Everything2: see www.everything2.com/index.pl?node=third%20law%20of%20thermodynamics.

Wang, G. M., E. M. Sevick, Emil Mittag, Debra J. Searles, and Denis J. Evans, "Experimental Demonstration of Violations of the Second Law of Thermodynamics for Small Systems and Short Time Scales," *Physical Review Letters*, 89(5), 050601/1-4, July 2002; see link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.89.050601.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• لا يعاب على (كلوزيس) ولا ينكر عليه ابتكاره لمفهوم (الانثالبية) وتوشيحه باسمه الذي صار يُعرف به، ولكنه لم يكن واضحاً ولا صريحاً، تمام الوضوح والصراحة لا في التعبير عنه ولا في الدفاع عن أهميته ولا في تنبؤ وإدراك مدى تأثيره على سير التفكير العلمي العالمي.

نعم، يعود الفضل إليه في صياغة المنظور التفاضلي البسيط والبيّن للمعادلة التي تحكم علاقة ربط (الانثالبية) بكمية الحرارية وبدرجتها، وقد نجح فعلاً في صياغة نص ما سيعرف لاحقاً (بالقانون الثاني للديناميكا الحرارية)، والذي يتضمن حقيقة ضرورة (زيادة) كمية (انثالبية) أي نظام مغلق وإلى أكبر كمية ممكنة وحتى تبلغ مداها، إلا أنه تردد كثيراً وتوقف ملياً عند هذه النقطة ولم يجرؤ على التقدم بأفكاره أكثر...

كروبر

William H. Cropper، (Great Physicists)

مقتطف من كتابه: (فيزيائيون عظام).

• عليك أن تتذكر أن مفهوم (الحرارة) كان من بين أواخر المفاهيم التي تمكنت الفيزياء الكلاسيكية - وبمساعدة الفيزياء الكمية - أخيراً من توضيحها، شأنها بذلك شأن الذرة ومكوناتها. وفي خلال ذلك الكفاح وفي سبيل تلك المعاناة تجسد مخاض وولادة علوم الديناميكا الحرارية. وهناك اعتقاد سائد بين العلماء مفاده إمكانية إثبات صحة ونجاعة أي فكرة أو نظرية، هذا إذا استطاعت النجاح في اختبار مدرسة (الديناميكا الحرارية)!!

روثمن

Tony Rothman، (Instant Physics، From Aristotle to Einstein، and Beyond.

مقتطف من كتابه: (من ارسطوطاليس وحتى اينشتين وما بعد...).

• هل لديك أدنى شك في اعتبار تطابق مفهومي ومصدري؛ (الطبيعة والكون) و(قوانين الطبيعة وقوانين الكون).... فمن الناحية العملية بإمكاننا اعتبارهما وجهان لعملة واحدة. وإذا كان هذا الاستنتاج (سريعاً) بنظرك وغير (دقيق) ولا (علمي)، فقد أوافقك الرأي وأدعوك في نفس الوقت إلى التفكير الجدي بحقيقة استحالة وجود أكثر من شخص واحد من بين كل ألف شخص، له من الاهتمام العميق بهذه المسألة، كما له من الوقت وأساليب الدعم الكافية للشروع باختبار والتحقق من تطابق تينك المفهومين أو اختلافهما. وما على الـ(999) الباقين من الألف الذين اخترناهم إلا الرضوخ للاحتمال الأول والتسليم به، لسبب بسيط هو استحالة وجود من يدّعي من بينهم (معرفة) مصدر أي من الاحتمالين السابقين (الكون و/أو قوانينه)!!

أما العقلاء والحكماء من بقية سكان الأرض فما عليهم إلا إعداد عدتهم لاختيار أقرب النظريات احتمالية وأوثقها تعلقاً بالمنطق العلمي والاحتماء بظلّها، ليس إلا....!!

بيكت

Edmund Beckett Grimthorpe. (on the Origin of the Laws of Nature).

مقتطف من كتابه: (في سبيل البحث عن أصل قوانين الطبيعة).

• يتضمن العلم في جوهره مفهوم البحث عن، ومحاولة فهم الكيفية التي يُحكم بموجبها الكون وتتصرّف وفقها شؤون الطبيعة. وهناك بالحقيقة وتحت مظلة هذا المنظور علمان. يضطلع الأول باكتشاف الكيفية التي يمكن أن تُطبق بموجبها قوانين الكون وقواعده (فهي من ضمن عدته وأدواته التي يعرفها خير المعرفة). ويهتم العلم الثاني بمهمة محاولة اكتشاف تلك القوانين ذاتها. وهنا في ميدان هذا الشطر الثاني شهد العالم عموماً والفيزياء خصوصاً أعظم لحظات انتصاراتهما باكتشافهما العديد من القوانين والمبادئ التي ثبتت أرجل البشرية على الأرض وأطلقت عنان أفكارها وتقنياتها نحو المستقبل وذلك بفضل قوانين الديناميكا الحرارية، وميكانيكا الكم والنسبية وإماطة اللثام عن الشفرة الوراثية البشرية، فغيرت وجه العالم بحق.... ولا أخالني سأجد من يخالفني الرأي بأن المشكلة الحقيقية والعقبة الكأداء تقبع وراء كيفية اكتشاف المزيد من قوانين الكون التي ستمكننا من التقرب إليه.....

كونن

Steven Koonin. (What Are The Grand Questions in Science?). in Kuhn's (Closer to Truth).

مقتطف من مدخله المعنون (ما هي الأسئلة الكبرى في العلم؟) في كتاب كوهن، (أقرب إلى الحقيقة).

قانون اللزوجة لستوك

STOKES'S LAW OF VISCOSITY

أيرلنـــدا، 1851

تتناسب القوة المثبطة لحركة كرة في مائع[1] مع كثافته ومع طول نصف قطر تلك الكرة ومع سرعتها.

محاور ذوات علاقــة:

علاقــة ستوكــس واينشتــين (STOKES-EINSTEIN RELATION)، ومعــادلات نافييــه وستوكــس (NAVIER-STOKES EQUATIONS)، وكلــود نافييـــه (CLUDE NAVIER)، وقانون ستوك للتألـق (STOKES'S LAW OF FLUORESCENCE)، وسيمن بـويسو (SIMEON POISSON)، وأدما باري دو سانت – فينان (ADHEMAR BARRE DE SAINT-VENANT).

من أحداث عام 1851:

– نشر الكاتب الروائي والمؤلف القصصـــي الشهـير (هرمـــن مرفيــــل – Herman Melville) رائعته الخالدة (موبي دك – Moby Mick).

– أُنشئــت وبدأتْ العمل في هذا العــام عملاقتا الإعلام الأمريكي مجلة (النيويورك تايمز – The New York Times) ومؤسسة (رويترز Reuters) للأنبـاء.

– اكتشـف الفلكـي الإنكليـزي (وليـم لاسـل – William Lassell) قمري كوكب مجموعتنا الشمسية السابع (يورانوس – Uranus) واللذين عرفا باسمي (اريبل – Ariel)[2]

(1) المائـع (Fluid) – هـو الاسـم العلمي العام الذي يعني كلا حالتي المـادة عدا الحالة الصلبة، فهو يجمـع معنى حالتي السيولة (Liquid State) والغازية (Gasious Stete). المترجم.

(2) Ariel – ويعنـي المسمـى العبري المقابل لمعنى (أسد الإله) وهو من بين الأسمـاء الأكثر شيوعاً واستعمالاً في الولايات المتحدة وحصل على التسلسل رقم 531 كاسم للذكور وعلى التسلسل رقم 205 كاسم للإناث في إحصاء عام (2000). ومختصره في اللغة الإنكليزية الدارجة هو (آري – Ari) و (ارك – Arik). (المترجم).

و(امبرييل - Ambriel)[1].

- افتتح أول فرع لمؤسسة (MACY) في الولايات المتحدة الأمريكية.

- أنشأ المليونير الأمريكي (رولند هسي ميسي - Roland Hussey Macy) مؤسسة (ميسي - Macy) لأسواق البيع بالمفرد.

نص القانون وشرحه:

لنبدأ شرحنا بتصور كرة صلبة ما بنصف قطر مقداره (r) تتحرك بإزاحة معلومة مقدارها (v) في خلال سائل ما تبلغ مقدار لزوجته (μ). ينص (قانون ستوكس - STOKES) على أن مقدار قوة الاحتكاك (F) والتي ستقاوم حركة تلك الكرة المتحركة في هذا السائل ستبلغ رياضياً:

$$\boxed{F = 6\pi r \mu v}$$

ولا حاجة لنا للتأكيد هنا - بالطبع - على تناسب قوة الاحتكاك (F) طردياً مع مقدار طول نصف قطر الكرة المعنية (r).

ولإدراك مدى أهمية التأكيد السابق، علينا أن نتذكر بأنه لم يكن بديهيا ظاهراً لبحاثة وعلماء ذلك الزمان والذين كانوا يعتقدون بضرورة تناسب قوة الاحتكاك المعارضة والمثبطة لحركة كرة في أي سائل طردياً مع مساحة مقطعها وليس مع نصف قطرها الأمر الذي كان يستوجب صياغة التناسب (F) مع مربع نصف القطر (r^2) وليس مع نصف القطر فقط (r)، وفي ذلك اختلاف بين كما تعلم.

ومن المفيد هنا أن نذكر أن هناك مصطلحاً لطيفاً هو (نصف قطر ستوكس -

(1) Ambriel- ويطلق اسماً على الملاك الموكول إليه الشفاء وإعادة الحياة للموتى في القبور هو المسمى العام الذي يعني الملاك، وأصوله الدينية الإسلامية والمسيحية معروفة أما أصوله الوثنية فتعني اسم الملائكة الموكولون بالأبراج الفلكية الاثني عشر. (المترجم).

The Stokes Radius) ويطلـق علـى أنصاف أقطار (الكـرات) التي تتصرف وتنتشر وتنتقـل بنفس طريقة وسرعة (الجزيئات) وتبرز أهمية هذه الفرضية إذا أخذنا بنظر الاعتبار (الانضغاطـات) النسبيـة والبسيطـة التي تتعرضـ لها (الجزيئـات) في حركتها في مختلف السوائل (كحركة كريات الدم الحمراء مثلاً في سائل الدم اللزج) والتي قد تؤدي إلى تشوه شكلهـا قليـلاً ليزيغ عن شكل (الكرة) المثالية ذات نصف القطـر الثابت وبهذا الاستدراك نكـون قد احتطنا لتغيرات الشكل التي قد تطرأ على شكل الكرة خلال عمليات انتفاخها قليـلاً أو انضغاطهـا في خلال مسارها، وعلى كل حـال فإن (**قانون سـتوكس**) هذا يكون أكـثر دقة وأشد انضباطاً كلما صغرت أحجام الأجسام المتحركة في السوائل اللزجة وقلت سرعاتها.

وللجدول رقم (8) أدناه أهمية خاصة تساعدنا على إدراك قيم اللزوجة لبعض الموائع (Fluids) المألوفـة والتي غالبـاً ما ينطبق عليها هذا القانـون. ولتوضيح المصطلحات ومعـاني الوحدات (Units) التي تستخـدم لقياسات اللزوجة، دعني أقول بأن وحدة (الباسـكال الواحـدة -1 pascal) تسـاوي [(كيلوغراماً واحـداً مقسوماً على المتر مضروباً بمربع الثانية – ($1Kg/(m.s^2)$]، هـذا وأن مقـدار لزوجـة المـاء ولأغراض الحسابات العملية تعتبر [(1mpa.s or 1g/(m.s)] علماً بأن درجة لزوجة الماء تعتمد حقيقـةً وواقعاً على درجة حرارته، ففي درجة حرارة (293 درجة حرارية مطلقة) أي ما يعادل (20 درجة حرارة مئوية) تبلغ قيمة لزوجة الماء السائل (1.002 cP)، ووحدة (cP) تعني (السنتي بويس – Centi poise) وتساوي واحداً من ألف من الباسكال – ثانية [1millipascal Second (m Pa . s)].

ولهذا القانون أهمية تطبيقية وصناعية بالغة، وبالأخص حين دراسة سرعات ترسب بعض المواد المعلقة المراد فصلها عن السائل الذي يحويها، فغالبا ما يهتم العلماء والصناعيون بمعرفة مقـدار المقاومة التي سوف يسلطها السائـل الحاوي على المواد المعلقة فيه ليمنعها من الحركة نزولاً وفق الجاذبية ويؤخر فترة ترسبها إلى القعر.

جدول رقم (8):

مقدار لزوجة بعض الموائع المألوفة	
المائع ودرجة حرارته	لزوجته بوحدات (Pa.s)
الهواء (20C°)	10×1.8 (مرفوعة إلى القوة -5)
المـــاء (20C°)	10×1.0 (مرفوعة إلى القوة -3)
الـــدم (37C°)	10×4.0 (مرفوعة إلى القوة -3)
زيت الكتان (20C°)	10×1.0 (مرفوعة إلى القوة -2)
زيت المحركات (20C°)	1.0
مستحلب الذرة (20C°)	8.0
منصهر الحمم البركانية (Lava)	1000.0

دعنـا نتصور معـاً مشهداً علمياً يبين لنا مجمـوع القوى المؤثرة على جسيـم أُلقي في مائع بما فيهـا قوة الجاذبية، [ولعـل قرائي الأكبر سناً يتذكرون الإعلان التلفزيـوني الشائع في سبعينيات (1970s) القـرن الماضي حول (غسول الشعر علامة اللؤلؤة – Pearl Shampoo) والذي يظهر الممثل فيه وهو يلقي (لؤلؤة) داخل الإناء المليء به – وأعتقد أن الفكرة كانت ترمي من وراء ذلـك الإعلان التجاري بيان شدة كثافتـه وجودته، رغم شكي بوجود أي علاقة علمية حقيقية بين جودة أي نوع من أنواع الشامبو وتناسبها مع شدة لزوجته أو مع ملاءمته لطبيعة شعرك!.

وعلى أي حال فإن الجسم الملقى في مثل ذلك السائل (اللؤلؤة)، سوف يبدأ بالهبوط داخله (أي بترسـب) مبتدئ بسرعة مقدارها (صفر) اعتبـاراً من نقطة الشروع وذلك بتأثير جاذبية الأرضـ عليها. ولكن سرعان ما ستولـد سرعة الجسيم المتحرك هبوطاً في السائل مقاومة من نـوع ما تضادد قوة التعجيل الأرضي عليها، وعليـه فسرعان ما سيبلغ الجسيم حالة التعجيل المساويـة للصفر عندما تعادلها قوة الاحتـكاك المعاكسة لها بالاتجاه والمساوية لهـا بالمقـدار. وفـي هـذه الحالـة سـوف يستمر الجسيم بالهبـوط خلال السائـل أي (يترسب) بمقـدار إزاحـة ثابتـة تسمى (بالإزاحة النهائية – Terminal Velocity).

وهنا نؤكد على كون مقدار الإزاحة التي يولدها الاحتكاك – وبغياب أي دوامات أو حركة في السائل المعني – تكون دائماً بعكس الإزاحة الاعتيادية المتسببة عن قوة الجاذبية. ويفترض

(قانـون ستوكس - Stokes's law) هنـا كون سطح الجسيم أملساً، وشكله كرويا منتظماً، ولا مـن أية تأثـير عليه ولا بأي شكل من الأشكال من قبل الجسيمات التي تجاوره ولا من قبل جدران الإناء التي تحويه، وذلك لتحقيق الحالة المثالية التي ينطبق عليها هذا القانون تماماً.

ولقابلية ترسـب المواد المختلفة (Sedimentation) وعلاقتهـا (بقانون ستوكس) هذا أهمية صناعية وتجاريـة وبيئية وحتى طبية بالغة آخذين بنظر الاعتبار رغباتنا في فصل العديد من المواد الصلبة من تيارات المواد المائعة (سواء كانت سوائل أم غازات). فتستعمل خصائص الترسب والترسيب مثلا في عمليات فصـل الأدران والأوساخ عن المواد والخضار النافعة في الصناعـات الغذائية، كما تستعمل لفصل بلورات المواد مـن السوائل التي تحتويها، ولفصل وترسيـب دقائـق الغبار من تيارات الهواء المراد تنقيتهـا (لأغراض التكييف النقي في قاعات الجلوس أو لصالات العمليات بعد تعقيمها)، وتستعمل أيضـاً في عمليات ترسيب الأدران عـن مياه الأمطـار الهاطلة على شوارع وبنايـات المدن المزدحمة ولفصـل وترسيب مختلف مكونات مياه الصرف الصحي لغرض إعادة تدويرها لاستخدامات الري والزراعة. كما يعتبر هـذا القانون ذا أهمية خاصة في تحديد طبيعة وسمات سُحـب الدخان المنطلقة من البراكين الثائـرة وتحديـد مكوناتها وذلك بدراسة سرع ترسبها. هذا ويستعمـل القانون أيضاً لدراسة سـرع ترسب المواد المختلفـة والمتخلفـة فـي مجـاري الأنهـار كمـا يعتمـد عليـه البحث الطبي فـي الشركات المصنعـة والمنتجـة للأدويـة لدراسـة الخواص الحركيـة الغازيـة Aerodynamics لجزيئات (المواد المتساميـة - Aerosol) وذلك لاختيار أحجامها المجهرية المناسبة التي تساعد على سرعة تغلغلها ما بين قصيبات الرئة الدقيقة وحويصلاتها.

ينطبـق (قانون ستوكس) كذلك على قطـيرات المطر صغيرة الحجم التي تهطل على سطح الأرض بغياب دوامات الهـواء التي تسببها الريـاح. ففي حالتي (قطيرة المطـر) و (اللؤلؤة الهابطـة خلال قنينة الشامبـو) سيتساوى مفهومنا لمقدار إزاحتيهمـا النهائية (Terminal Velocity). ولا ينطبق هذا القانون بالدقة المطلوبة عند تطبيقه على تفسير أسلوب هبوط المظليـين ومغامري الجو عند رمي أنفسهم من الطائرات وذلك بسبب التيارات الهوائية التي

تصادفهم أثناء هبوطهم ولدى نزولهم بسلام على الأرض. (والحقيقة هم يستفيدون منها في إبطاء تعجيل أجسامهم نحو الأرض لقضاء أطول فترة ممكنة سابحين في الأجواء ممتعين أنفسهم ومشاهديهم بأعمالهم البهلوانية تلك).

ولإدراك المغزى العملي من وراء (قانون ستوك) هذا، دعنا نجد الجواب لمسألة بهذا الخصوص: لنفترض سقوط قطرة من ماء المطر نصف قطرها (0.2 مليمتر) تهبط خلال الهواء الذي تبلغ مقدار لزوجته (μ) وتساوي ($1.8x10^{-5} N.s/m^2$).

جد مقدار الإزاحة النهائية التي ستهبط بها تلك القطيرة إلى الأرض.

الحل: ينص (قانون ستوك) وكما سبق على ما يلي

$$\boxed{F_{\uparrow} = 6\pi r \mu v}$$

وهذا يعني تساوي قوة جاذبية الأرض (نحو الأسفل) عليها مع قوى (قانون ستوك) والتي تعمل على رفعها نحو الأعلى.

وبما إن قوة الجاذبية وحسب قانون نيوتن الثاني هي ($F_{\downarrow} = m\,g$)، حيث ($F_{\downarrow}$) هي قوة الجاذبية، و(m) هي كتلة قطيرة المطر، و(g) هو مقدار التعجيل الأرضي والذي يساوي:

$[g=9.8/s^2]$

وبما أن ($F_{\uparrow}$) هو مقدار مقاومة الهواء للقطيرة الهابطة (وهي ذات قوة احتكاكها به واتجاهها إلى الأعلى، عند بلوغ القطيرة سرعتها النهائية (وهي ما أسميناها بالإزاحة النهائية) مقداراً ثابتاً،

ففي هذه الحالة ستتساوى قوتي الاحتكاك حسب (قانون ستوكس) صعوداً مع مقدار جاذبية الأرض حسب قانون نيوتن هبوطاً.

أي إن ($F_{\downarrow}$) = ($F_{\uparrow}$)

وعند تعويض كل من ($F_{\uparrow}$)، ($F_{\downarrow}$).. بما تساويه، نحصل على:

$$\boxed{6\pi r \mu v = mg}$$

وبحل المعادلة لصالح سرعة إزاحة القطيرة (v)، سنحصل على:

$$v = \frac{mg}{6\pi r \mu}$$

وباعتبار اكتساب القطيرة لحجم كروي مقداره ($4\pi r^{3}/3$) وكون كثافتها (ρ) (بحساب كثافة الماء الاعتيادية) وهي ($1000 kg/m^3$) أي ألف كيلو غرام للمتر المكعب الواحد فسيمكن تقدير كتلتها البالغة (m) كالتالي وبالتعويض....

$$v = \frac{(4\rho\pi r^3/3)g}{6\pi r \mu} = \frac{2\rho g r^2}{9\mu}$$

وبترتيب وحل كافة المعطيات السابقة سنحصل على:

$$v = \frac{2 \cdot (1000\,\text{kg/m}^3)(9.8\,\text{m/s}^2)(0.00002\,\text{m})^2}{9 \times 1.8 \times 10^{-5}\,\text{N·s/m}^2} = 4.8\,\text{m/s}.$$

أي أن سرعة هبوط قطيرة ماء المطر النهائية نحو الأرض ستبلغ 4.8 متراً في الثانية الواحدة.

ومن الملاحظ من مسألتنا السابقة، أن هذه السرعة النهائية لقطيرة المطر الساقطة ستقل بزيادة لزوجة الهواء (أي مقاومته لها)، على حين أنها ستزداد بازدياد نصف قطرها (أي بكبر حجمها وكتلتها).

والآن دعنا نحاول حل مسألة عملية أخرى تتضمن هبوط كرة بلاستيكية صغيرة خلال أسطوانة من (الشامبو)، فإذا افترضنا أن كثافة كرتنا هي (ρ_p) وبنصف قطر مقداره (r)، ومقدار إزاحتها إلى الأسفل (v)، وكانت كثافة (الشامبو) هي (ρ_s) فما هو مقدار لزوجته؟

والآن ولغرض حل هذه المسألة علينا أن نتذكر أن قوى الإزاحة (Velocity) الثابتة لتلك الكرة لابد وأن تتعادل بحيث تتساوى قوة الطفو (B) وقوة (قانون ستوكس) المؤثرتان إلى أعلى مع وزنها (W) الذي يجرها إلى الأسفل هكذا:

$$B + 6\pi r \mu v - W = 0$$

والآن يمكننا حساب قوة الطفو (B) إلى الأعلى بمعرفتنا أن [$B=(4\pi r^{3}/3)\,\rho_p g$]، وبما إن اللزوجة ($\mu$) حسب القانون السابق ستساوي

$$\mu = \frac{W - B}{6\pi r v}.$$

سيمكننا حساب قيمة لزوجة الشامبو (μ) المطلوبة.

وعليك أن تنتبه إلى أننا عند تحليلنا للقوى المتعلقة بقطرة المطر الساقطة ووضعنا لمعادلة إيجاد مقدار إزاحتها النهائية، كنا قد أخذنا مقدار كثافة الماء فقط بنظر الاعتبار وأهملنا مقدار كثافة الهواء – وهي التي تشكل قوة أخرى – وذلك بالنظر لصغر كميتها وإمكانية إهمالها، ولكن تعود أهمية حساب كثافة الوسط الذي يحتوي الجسم الساقط خلاله إلى الاعتبار في حالة اختيار مثال (الشامبو) والكرة البلاستيكية بالنظر لكون كثافته عالية، وعليه فإن معادلة إيجاد مقدار الإزاحة الثابتة لجسيم يمكن كتابتها بشكل أكثر شمولية كالآتي:

$$\boxed{v = \frac{2(\rho_p - \rho_s)gr^2}{9\mu}.}$$

ولتحديد مدى دقة هذا القانون لابد وأن نتطرق إلى مصطلح جديد هو (عدد رينولدز – Reynolds Number)[1] والذي يكون قانوننا أدق ما يمكن عندما تبلغ قيمته أقل من (0.3).

وتبلغ قيمة هذا الرقم رياضياً:

$$\boxed{(dv\rho/ \mu)}$$

عندما يمثل (d) – مقدار قطر الجسيم المعني و (v) – مقدار إزاحته و (ρ) – كثافة المائع الذي يحيط به و (μ) – مقدار لزوجته

لا ينطبق (قانون ستوكس) على قطيرات المطر بالدقة المطلوبة قدر انطباقه على الجسيمات المائية الساقطة والأقل قُطراً عنها بكثير والتي تسمى (بقطيرات الغيوم – Cloud Droplets) والتي تتراوح أقطارها ما بين (0.01–0.02 مليمتر) وهي كحبات المطر تماماً تتكون من تكاثف بخار الماء الذي يكوّن الغيوم ويعتبر شكلا من أشكال الغيوم المرئية فعلاً والممكن الإحساس بها حين تكوّن الضباب. وعليه يمكننا اعتبار (قانون ستوكس)

(1) Reynolds Number – هو عدد لا وحدة له ولا اتجاه، يستعمل في علم ميكانيكا الموائع للإشارة إلى ومعرفة قيمة حاصل قسمة (قوى الاستمرارية – Inertial Forces) ويرمز لها (dvρ) على (قوى اللزوجة Viscous Forces) ويرمز لها (μ) أول من تقدم بهذا المصطلح هو (جورج كابريل ستوكس – George Gabriel Stokes) في عام (1851) ولكنه اكتسب اسمه من اسم [اوزبورن راينولدز Osborne Reynolds (1842–1912)]، لأن الفضل في انتشاره وتعميمه يعود له. (المترجم).

أكثر شغفاً بالضباب منه بالمطر لانطباقه بصورة أدق على الأول دون الثاني.

وبالإضافة إلى أهمية القانون في أمور (الترسب والترسيب) فإن له تطبيقات أخرى في حالات التسامي وصناعة (المبخرات – Aerosols) وهي عبارة عن المعلقات الغازية لجسيمات بعض المواد الصلبة أو السائلة.

وفي أواخر تسعينيات (1990s) القرن الماضي كان القانون قد استخدم لتوفير الدليل العلمي الدقيق والمقنع بأن جزيئات اليورانيوم المنضب (المايكرومتريه القياس) كان لها قابلية البقاء معلقة في الهواء لساعات طوال ومقدرتها على قطع مسافات بعيدة وعليه فإنها كانت قد أصابت ولوثت الجنود الأمريكان في أثناء عملياتهم الحربية خلال حرب الخليج الثانية. ويعود سبب ذلك إلى خاصية الكثافة العالية والصلابة المتناهية لقنابل اليورانيوم المنضب والتي لها قابلية الاحتراق ذاتياً، والتي لابد وأن تكون المسؤولة عن تحويله إلى جزيئات (مُبخرة – Aerosolized) محمولة جواً بعد اصطدام قنابلها بالأجسام الصلبة كهياكل الدبابات بعد إطلاقها من قبل المدفعية الأرضية والقذائف الجوية.

لقد تم إدخال بعض التصحيحات على (قانون ستوكس) خلال عشرينيات (1920s) القرن الماضي وذلك للأخذ بالحسبان التأثيرات التي قد يمكن تواجدها بفعل جدران الصهاريج التي تحتوي على سوائل لزجة (كخزانات وصهاريج البترول الثابتة او العائمة).

تميل تلك الجدر إلى إحداث ما يؤدي إلى بُطء في عملية مراقبة اللزوجة وذلك بسبب احتواء الوسط على جزيئات (مضغوطة) على الجدران والقعر الأمر الذي يؤدي إلى تشوه أشكالها الكروية، الأمر الذي ينعكس على عدم تجانس محتوياتها، وقد يؤثر ذلك سلبا على عمليات تكريرها أو التعّرف على نوعيتها عند بيعها. ولذلك فقد استوجب على علماء الكيمياء الصناعية والبترولية والباحثين المهتمين بتلك الحقيقة إيجاد علاقة النسبة بين أنصاف أقطار الجسيمات المعنية وبين أنصاف أقطار صهاريجها إن كانت أسطوانية الشكل. وعليه فقد أدركوا أن مفعول وأهمية تعديلهم (لقانون ستوكس) ستزداد كلما قل نصف قطر الصهريج وازداد ارتفاعه لأن ذلك سيؤدي إلى انحراف أشكال الجزيئات والجسيمات عن الشكل الكروي وتشوهها،

وذلك بفعل وزن عمود السائل (الثقيل) وتأثيره على تحوير أشكال جزيئاته القريبة من القعر.

وفيما يلي تعديل معدل اللزوجة (μ_c) لما يمكن أن يظهر عليه (قانون ستوكس) إذا ما أخذنا بنظر الاعتبار إضافة عامل التصحيح اللازم لمقدار اللزوجة الأصلية (μ) والذي سيعتمد على مقدار قطر الجسيمات (d) الموجودة داخل صهريج بقطر داخلي يبلغ (dc) وبشكل أسطواني:

$$\mu_c = \mu\left[1 - 2.104\frac{d}{d_c} + 2.09\left(\frac{d}{d_c}\right)^3 - 0.95\left(\frac{d}{d_c}\right)^5\right]$$

تمكــن اينشتين في عــام (1905) من التوصل إلى علاقة اكتشفها تربط مــا بين حركية جسيم ما في مائــع و [ثابت الانتشــار - Diffusion Constand (D)] و [ثابــت بولتزمن - Boltzmann Constant (K)] ودرجة الحرارة المطلقة (K - كالفن).

هذا وتعرّف (الحركية - Mobility) بأنها نسبة الإزاحة النهائية لجسيم ما إلى مقدار القوة المسلطة عليــه). ولقد كان (اينشتين) -حين توصل إلى اكتشافه هذا - يحاول بحث ودراسة خواص (الحركة البراونيــة - Brownian Motion) وهي الحركة العشوائية للجسيمات الدقيقة المغمورة في مائع. وفي مزاوجة ما توصل إليه اينشتين مع (قانون ستوكس) نتج لدينا ما يسمى (بعلاقة ستوكس واينشتين - The Stokes's - Einstein Relation)... وهي:

$$D = \frac{kT}{6\pi\mu r}$$

والمقصود بــ (D) هنا هو معامل أو ثابت الانتشــار (Diffusion Constant or Coefficient) وهــو صاحب الدلالــة على مقدار كمية المــادة المنتشرة أو النافــذة عبر وحدة المساحــة في ظروف وحدة منســوب التركيز خــلال وحدة الزمن. وعليه فبالإمكان استخدام هذه العلاقــة لتعين معامل الانتشار لأي جسيم تحت الدراسة. كما يمكننا أن نعتبر هذه المعادلة أسلوباً مناسباً للتعبير عن العلاقة ما بين معامل الانتشار لأي جسيم كروي صغير عشوائي الحركة في سائل لزج مقارنة بقوة الجاذبية التي تسحبه إلى الأسفل.

للفضوليين فقط:

- لقد حبا الله (ستوكس) قريحةً أدبية رائعة استغلها (أبشع) استغلال في كتابة الرسائل المطولة

والخطابات المنمقة التي كان يرسلها إلى خطيبته والتي كان لا يتغزل بها فيها، وإنما كان يصب ولعه وهيامه وحبه في أشعار ونثر رائع في مدح (الرياضيات) ومفاتنها وأفضالها. ضاقت تلك المسكينة ذرعاً بذاك الأسلوب (الشاذ) وكانت على قاب قوسين أو أدنى من رفضه نهائياً كزوج لها.

• يعتمد (علماء الحفريات – Paleontologists)[1] على (قانون ستوكس) للتفريق التفاضلي ما بين الأنواع المختلفة من الأحافير المجهرية (وهي بقايا الأحياء المجهرية من (مكيسات – Spores) وغيرها والتي حفظت لنا بعد تحجرها.

• كان أول من صاغ مصطلح (التلألؤ – Fluorescence) وذلك بعد اكتشاف خامات (الفلوريت – Fluorite) والتي كان لها مثل ذلك التلألؤ الملون الجميل.

• اخترع [جون فرانسس كامبل (1885 -1822) John Francis Campbell] و[جورج ستوكس (1903-1819) Geotg Stokes] الجهاز المعروف باسم (مسجل ستوكس وكامبل) وهو عبارة عن جهاز يستخدم لتسجيل مقدار الأشعة الشمسية الساقطة على بقعة محددة من الأرض. يحتوي هذا الجهاز – والذي لا يزال مستعملاً حتى اليوم – على عدسة زجاجية كروية الشكل تستعمل (لحرق) صورة للشمس مرسومة على قطعة كرتون معدة مسبقاً، وذلك بتركيز أشعتها عليها.

• قام العلماء والباحثون المهتمون في دراسة فيزياء اللزوجة وخواصها والتابعون إلى جامعة (مينيسوتا – Minnesota) الأمريكية في عام (2004) بملء أحد أحواض السباحة بمادة جيلاتينية هلامية واستنتجت دراساتهم بأن سباحيهم كانوا يجيدون السباحة فيها بنفس درجة كفاءة سباحتهم وسرعاتهم في الأحواض المملوءة بالماء.

أقوال مأثورة:

– لقد كان ستوكس رجلاً مؤمناً بحق، اهتم كثيراً بعلاقة الدين بالعلم، الأمر الذي اكتسب

(1) Palyntology – وهو دراسة الأحياء التي سبق وأن وجدت ما قبل التاريخ وذلك بالبحث عن، وتفحص أحافيرها ومراقبة تطورها عبر انطباع أشكالها على الصخر بفعل العوامل الجوية والبيئية المختلفة عبر حقب تاريخية طويلة (المترجم).

أهميةً استثنائية في سني حياته الأخيرة.

باركنسن

E.M. Parkinson، (George Stokes).

كما جاء في (معجم سير العلماء الذاتية).

– لم يكن (ستوك) هو الذي ابتكر نظرية الحساب التفاضلي المتجه (The Theory of Vector Calculus)[1]، ولكنها في الحقيقة كانت قد أرسلت إليه من قبل (اللورد كلفن) وذلك في إحدى رسائله إليه. يعود سبب نسبتها إليه وتسميتها باسمه إلى حقيقة أنه كان قد نشرها كمسألة في أحد امتحانات الفوز بجائزة سمث (Smith's Prizc)[2] بعد ذلك بعدة سنوات.

وود

Alastair Wood، (George Gabriel Stokes (1819-1903).

مقتطف من ملخصه لسيرة حياة (ستوكس).

– ما يعرف (بتأثير بارنك – Baring Infection) هو بالحقيقية ما يحدث من بقاء بقايا خلايا الخميرة وغيرها من المواد المجهرية غير الحية [(Non – Microbiological Particles (NMP)] المستخدمة في تخمير وصناعة الجعة ملتصقة مع بعض المواد الدقيقة والمجهرية اللاحيوية الأخرى، كل ما تقوم به مواد الجودة والتحسين المضافة هو عملها على تعجيل التصاق تلك الجسيمات المجهرية

(1) نظرية حساب التفاضل والتكامل الاتجاهي: وهي النظرية المهتمة بجزء الحساب المتخصص بعمليات التفاضل والتكامل للحقول والقيم الاتجاهية – أي الحاوية على مقدار واتجاه – ضمن الفراغ الإقليدي ثلاثي الأبعاد.
وقد يستعمل هذا المصطلح للدلالة على معان رياضية أوسع تشمل حساب (التفاضل والتكامل متعدد المجاهيل) والذي يضم المصطلح السابق إضافة إلى دلالته على (حساب التفاضل والتكامل الجزئي – الحاوي على ثابت ومتغير) و (التكامل المتعدد – الحاوي على عدة متغيرات في آن واحد).
يهتم هذا النوع من الحساب أيضاً ويلعب دوراً رائداً في مجالات (الهندسة التفاضلية – كدراسة الأسطح والمنحنيات) وفي دراسة (معدلات التفاضل الجزئي – كحالات انتشار الصوت والضوء والتي تستوجب وجود العديد من المجاهيل) كما يستعمل في مجالات الفيزياء والهندسة وبالأخص مجالات توصيف الحقول الكهرومغناطيسية) و (حقول الجاذبية الأرضية) ومجالات (جريان الموائع). (المترجم).

(2) Smith Prize – وهو اسم الجائزة الذي يطلق على جائزتين ماليتين مخصصتين سنويا لأفضل طالبين في بحوث الفيزياء النظرية والرياضيات والرياضيات التطبيقية من (جامعة كمبردج) في بريطانيا. أوصى بإنشائها (روبرت سمث – Robert Smith) من ريع أسهم (شركة البحار الجنوبية) والتي بلغت قيمتها (3500 جنيها استرلينيا) ومنذ عام (1768) وبقيمة جنيهات تلك السنة. استمر منح هذه الجائزة منذ عام (1769) وحتى عام (1998) بدون انقطاع ما عدا التوقف الذي حدث في عام (1917) بسبب الحرب العالمية الأولى. (المترجم).

بعضها ببعض الأمر الذي يعجل بترسبها إلى قاع براميل التخمير حسب (قانون ستوكس).

وبالنظر لنص القانون على تناسب سرعة ترسب الجسيمات المجهرية طرديا مع مربع أنصاف أقطارها، فإن أي زيادة ضئيلة في أحجام تلك الجزيئات سوف يؤدي إلى اختزالات بينة في الوقت اللازم لترسبها، وفي ذلك أهمية صناعية بالغة لتسريع الإنتاج.

وارد

Ian L. Ward، (Clear Beer Through Finings Technology).

مقتطفة من كتابه - الطرق التقنية لتنقية الجعة.

– لقد ساعد (قانون ستوك) كثيراً في تفسير كيفية تمكن جزيئات (اليورانيوم المنضب) ضئيلة الأبعاد والأحجام من الانتقال إلى مسافات شاسعة محمولة بواسطة الرياح، فلقد أكدت الدراسات العسكرية المجراة بهذا الخصوص على تمكن تلك الجزيئات من الانتقال إلى مسافات قد تكون بلغت ما يتجاوز (الـ 26 ميلاً – أي 42 كيلومتراً) من مناطق تولدها – وهي أجسام الدبابات المقصوفة بها – الأمر الذي يؤكد تعرض القوات الحليفة لتأثيراتها السلبية كـ (نيران حليفة – كامنة) – بلاشك.

دايتز

Leonard A. Deitz، (Contamination of Persian Gulf War Veterans and Others by Depleted Uranuim، July 19، 1996.

مقتبسة من مقالته (تلوث قوات حرب الخليج والآخرون ببقايا قذائف اليورانيوم المنضب).

– لقد امتازت أغلب أعمال (ستوكس) إن لم نقل جميعها بالقطعية وبمنتهى الدقة والرشاقة، ولقد كان (وحتى خلال محاولته حل المسائل والمعضلات والتي كثيرا ما كانت تظهر لغيره عصية على المنطق العلمي وغير خاضعة للأسلوب الرياضي) دائم التمسك بالطرق المفهومة وشديد الاعتماد على المبادئ المعلومة، حتى لم يكن هناك مجال لأي شك بصحة ما يقدمه من حلول وما يخطه من طرق.

يعود التزامه ذاك بمنهجيته تلك – ولاشك – إلى الملكة الخارقة، وإلى الإمكانية الهائلة

التـي حباه الله بها للمزج ما بين كياسة الأسلوب الرياضي المرن وقوته وما بين حنكة القابلية التجريبية والبحثية ومهارتها.

1911، Encyclopaedia Britanica

مدخله عن الموسوعة البريطانية.

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

اشتهـر الفيزيائـي الأنكلـو - أيرلندي العريـق [جـورج ستوكـس - Georg Stokes 1819-1903] بإبداعه لقانونه في الاحتكاك ولأعماله الكثيرة المهمة في حقول الكيمياء والفيزياء والرياضيات.

ولـد (ستوكـس) في بيت متدين في مدينـة (سكريـن - Skreen) الايرلندية وقد تغلغل فيه ذلك الشعور منذ الصغر حيث كان والده قساً في المقاطعة التي تضم مدينته وكان قد سهر على تعليمه قواعد اللغة اللاتينية منذ الصغر. وقد كانت أمه مشرفة على شؤون الكنيسة أيضاً، أنجبت للعائلة أربعة أولاد اختط الجميع طريقهم كرجال دين وقادة كنائس في أيرلندا. تقدم (ستوكس) الشـاب إلى (كلية برستـول - Bristol College) فـي تلك المدينـة لما بلـغ من العمر (16 عامـاً) وكـان قـد أنهى دراستـه الابتدائيـة والأولية فـي مدينته (دبلن - Dublin). لقد أورد الفيزيائـي النظـري والرياضـي [جوزف لارمـور (1857-1942) Joseph Larmor] فـي كتابه القيّم - ذكريات وبقايـا رسائل السر جورج كابرييل ستوكس - ملامح وبوادر تفتق العبقرية الرياضية (لستوكس) كما ذكرها أستاذه في الرياضيات لما كان لا يزال شاباً يافعاً يدرس في كلية (برستول) بقولـه:

((لقد التزم سـتوكس اليافع بالإجابة الصريحة الواضـحة المقتضبة بنعم أو بلا على كافة الأسئلة الموجهة إليه.... وبضمنها تلك التي كانت تستوجب إسهاباً أكثر وتوضيحا أعم وكان بذلك قد انتقل من تبنيه للمدرسة الأيرلندية في صغره إلى المدرسة الإنكليزية وذلك كرد فعل انصياعي طبيعي لما كان إخوته قد حذروه منهُ من قبل؛ بأن الطلاب البريطانيين لا يميلون بطبيعتهم إلى الأجوبة المطولة المسهبة كما هو الحال، وما كان قد اعتاد عليه الطلبة

الأيرلنديون ولذلك فإنه سيكون ولا شك موضعاً لسخرية زملائه التلاميذ الإنكليز ومحلاً لاستهزاءاتهم إن هو أسهب الشرح وأطال الوصف، فكف وامتنع عن ذلك)).

قُبل (ستوكس) في عام (1837) في (كلية بمبروك – College Pembroke) في كمبردج، واستطاع نشر العديد من البحوث والأوراق العلمية القيمة التي ناقشت أساليب تصرف الموائع غير القابلة للانضغاط، فقد تمكن في عام (1842) من نشر بحثه الموسوم (حول الحركة المنتظمة للموائع غير القابلة للانضغاط)، والذي سرعان ما أردفه ببحثه التالي بعد ثلاث سنوات والذي كان بعنوان (حول نظريات الاحتكاك الداخلي للموائع المتحركة). وقد تمكن أخيراً من تتويج أعماله في عام (1849) عندما نشر بحثه الرصين الموسوم (حول تغيير مقادير جاذبية الأرض على سطحها) والذي أوضح فيه وأسهب في شرح طرق استخدام البندول ودراسات حركته في الموائع المختلفة، وفي استنتاج الاختلافات البينة في تفاوت مناسيب جاذبية الأرض في أماكنها المختلفة.

وتمكن في عام (1849) من تسنم كرسي الأستاذ(لوكازيان Lucasian)[1] في جامعة كمبردج – ذلك الموقع الشرفي الرفيع الذي كان قد اعتلاه من قبله فطاحل وعظماء من أمثال [السر اسحاق نيوتن (1727-1642) Isaac Newton] والذي يشغله في الوقت الحاضر الفيزيائي الفلكي المعروف والكاتب العلمي المشهور [ستيفن هاوكنج (Stephen Hawking (born 1942].

وأخيراً تمكن في عام (1851) من نشر بحثه الذي توصل فيه إلى الوصف الرياضي الدقيق لمقادير إزاحة الجسيمات الكروية الصغيرة المتحركة خلال السوائل اللزجة والذي مكن قانونه المشهور والمعروف (بقانون ستوكس – Stokes's Law) موضوع بحثنا هذا من الظهور.

وفي عام (1857) تزوج من الآنسة (ماري سوزانا – Mary Sussana) والتي كانت ابنة عالم الفلك الأيرلندي والفيزيائي الشهير [توماس رومني روبنسن – Thomas Romney Robinson

(1) Lucasian Chair – وهو منصب الأستاذية في الرياضيات، العالي الشأن في جامعة كمبردج، ويعتبر من أسمى المناصب الأكاديمية في العالم. أسسه في عام (1663) (هنري لوكاس – Henry Lucas) والذي كان أحد أعضاء البرلمان البريطاني. أقر الملك شارل II الثاني هذا المنصب رسمياً في شهر كانون ثاني (1664). يتربع عليه اليوم الفيزيائي النظري (ميشيل كرين – Michal Green) خلفاً لستيفن هاوكنج – Stephen Hawking) والذي تقاعد في شهر أيلول الماضي (2009).(المترجم).

1792-1882]. وهنــاك قصــة طويلة حول كيفية نجاح (ستوكس) في غــزو قلب (ماري) وتمكنه أخــيراً مــن الفوز بــه. فيحكى أنه كان يسهــر الليالي ليخط لهــا رسائله الغزلية المطولــة والتي قد امتد بعضها ليبلغ (55) صفحة، وتراوحت تلك الرسائل والغراميات ما بين حبه لفتاته وشغفه بها وافتتانه بالرياضيــات وولعه فيها، فهو كان قد ذكر لهــا في إحدى رسائله تساؤله عن كيفية استطاعة أي امرأة أن تتزوج وأن تعيش بسعادة مع رجل استهوته وسيطرت عليه فكرة الرياضيات، ويدفعه هوسه بها إلى السهــر متأخراً لحل كل ما لديه مــن مسائلها ليلاً؟!. لقد ذكر (لارمور - Larmor) في كتابه (حول ذكريات ومذكرات ستوكس) فحوى بعض تلك الرسائل وكيف كان (ستوكس) كثيراً ما يخلط ما بين حبه للرياضيات وولعه بخطيبته وما بين غرامه بهذه وهيامه بتلك حتى كتب لها يوماً يقــول:

((أكاد أغــرق ومــن غيرك يســتطيع انتشــالي؟ أعترف بــأني كثير التفكــير... ولكنني صرت أفكر أكثر وأكثر من المعتاد حتى تشــتت أفكاري وانشــغل ذهني. يكاد رأســي ينفجــر من كثرة مــا به من (المتواليــات المتباعــدة - Diverging Series)[1] وبما شــغله من (فراغات سلســلة الثوابت العشــوائية - The Discontinuity of Arbitrary Constants) أين أنت ياحبيبتي، أكاد أقسم أن لا أحد سيســتطيع إسداء جميل إنقاذي لنفسي من كثرة أفكاري تلك إلاكِ...)).

لقــد جعلت مراسلاته منه في نظرهــا رجلاً غريباً، بل وحتى إنســانــاً مخيفاً، فمالها ومال - المتواليــات والثوابت - وهــي امرأة لا يملأ قلبهــا إلا الحب، فصارحته بغضبهــا منه وترددها الشديــد بــل واحتمال رفضها للزواج منه. أعاد لها جواب تساؤلهــا ولهاً وشوقاً إليها، وحبا وهيامــاً بغرامها وبيّن لهــا استحالة تصور حالته وهــو عبارة عن (آلة مفكــرة) تقاد إلى قبرها وتدفــن فيــه دون أن يكون له حظ في هذه الدنيا لا من حبها، ولا من الفرح الذي تنثره حولها

(1) وهــي إحدى أنواع المتواليــات العدديــة (Mathematical Series) والتي لا حدود لتتابع حاصــل جمع بعض عناصرها فهــي باتســاع دائم. وهي عكس المتوالية محدودة النهاية والتي لابد أن تقــترب من الصفر. وتعتبر المتوالية المتجانسة (Harmonic Series) من أبسط أمثلتها وهي:

1 - المتوالية المنفرجة اللانهائية $\left[\sum_{n}^{\infty} \frac{1}{n} \cdot 1 \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} \cdot \right]$ في الرياضيات

2 - طول الموجة الصوتية المركب على موجة الوتر الأصلية بمقدار، $^1/_2$، $^1/_3$، $^1/_4$ موجة في الموسيقى... إلخ. (المترجم).

أينما ذهبت، ولا من دفء سعادتها الذي تستطيع أن تلفه به حباً صافياً رقراقاً يدفع الدم الدافئ في صمامات قلبه الذي أوشكت الرياضيات أن تحيله إلى معدن بارد. وأخيراً تمكنا من وضع خلافاتهما الفكرية جانباً وتم مشروع زواجهما بنجاح وسكنا في كوخ صغير يطل على حديقة غناء، تشرف على غابة خضراء جميلة. وفي ذلك تمكن (ستوكس) من اتخاذ الممر الضيق الواقع خلف مخزن الأخشاب والأطعمة (مختبراً) لأبحاثه وكان لا يحتوي إلا على آلات بسيطة وأدوات متواضعة محلية الصنع. أثمر ذلك الزواج وتوجت تلك الحياة بإنجاب زوجة ستوكس منه عدة أولاد، توفيت أول بنتين له في فترة طفولتهما وتوفي أحد أولاده في عام (1893) من جراء جرعة زائدة من المورفين كان قد تعاطاها خلال تدريبه ليصبح طبيباً بشرياً.

تسنم (عالمنا الجليل) العديد من المناصب ونال الكثير من الرتب العلمية، كان أهمها تسنمه لمنصب رئاسة الجمعية الفلسفية في جامعة كمبردج للفترة (1859-1861) وترأسه للجمعية الملكية في عام (1885) قبل ذلك كذلك. كما منحته الجمعية العلمية (ميدالية كوبلي – Coply Medal)[1] وذلك في عام (1893)، أما في خلال الفترة (1886-1903) فقد انتخب رئيساً (للمعهد الفكتوري) في لندن والذي كان قد أنيطت به مهمة دراسة وتمحيص وتأكيد العلاقات – بمختلف أنواعها ومجالاتها – ما بين العلم والدين، وقد تم منحه لقب (الفارس – Knighted) أيضاً وذلك في عام (1899). لقد كتب (اي. ام. باركنسن –E. M. Parkinson) في (معجم سير العلماء الذاتية) نبذة بديعة عن أعمال (ستوكس) وأفكاره وأسلوب بحثه جاء فيها:

((لقد كادت أفكار ستوكس ومساهماته وأعماله واختباراته وما حققه تغطي كامل مساحة العلوم الفيزيائية والفلسفية المعروفة آنئذ، فقد قام بالبحث والاستقصاء المنهجيين لحقول (حركية السائل – Hydrodynemics) ومطاوعة المواد الصلبة وتصرف الموجات وحيود الضوء. لقد تمكن (ستوكس) من جعل كافة المواد والمواضيع التي ركز عليها ووهبها الكثير من جهده ووقته في متناول جميع زملائه من العلماء

(1) Coply Medal – انظر صفحة (394). (المترجم)

والباحثين، ويعود الفضل في تحقيقه لذلك الإنجاز لسببين؛ أولهما كان حرصه الشديد على اختيار المسائل والأمور العملية التي كانت تهم الجميع، وثانيهما وضع حلوله الخاصة المقترحة لها بأسلوب سلس شديد الوضوح وباستعمال الأدوات الرياضية بطريقة تجعلها في متناول الجميع. أما غوصه في أعماق الرياضيات الصرفة وغوره في تعقيداتها فكان عملاً نادراً مارسه عند الحاجة فقط، وعند شعوره بحاجته إلى تطوير أداة رياضية جديدة أو ابتكار وسيلة أكثر مرونة لحل مسائله الفيزيائية أو لغرض إثبات فعالية ورجاحة أي أسلوب مبتكر كان قد استخدمه لغرضه الأول)).

وكغيره من عباقرة وأعلام الرياضيات الذين جاء هذا السِفر على ذكرهم بين دفتيه فإن ميوله كان موسوعياً وبحثه ظل شاملاً للعديد من جواهر مواضيع المعرفة كتلك التي اختصت بطبيعة الضوء والجاذبية والكيمياء والصوت والحرارة ودرجاتها وتقلبات الطقس والتنبؤ بتغيراته والفيزياء الشمسية.

ابتدأت رغبة استكشاف (فيزياء حركية السوائل) تنمو وتترعرع في نفسيته خلال أربعينات القرن التاسع عشر (1840s)، فقد استطاع في عام (1845) إنجاز العديد من الدراسات الخاصة بمواصفات الاحتكاك واللزوجة في الموائع. ومن الجدير بالذكر أن المعادلات والقوانين التي تمكن من التوصل إليها إضافة إلى الأفكار التي ابتدعها كانت مختلفةً تماماً من حيث الاسس النظرية التي استندت إليها ومغايرة جذرياً للأسلوب العملي الذي أوصله إليها، على رغم تشابهها وتماثلها مع الكثير من أعمال العلماء الفرنسيين من أمثال [كلود نافييه (1785–1836) Clude Navier] و [سيمون بيسو (1781–1840) Simeon Poisson] و[ادميه باري دو سان فينا (1797–1886) Adhemar Barre de Saint – Venant]، وخصوصاً تلك المتعلقة بجريان الموائع بمصاحبة عوامل الاحتكاك. ولكن الحقيقة التي لم تكن غائبة على أحد هو توصله إلى اكتشافاته ونظرياته السابقة بمفرده وبدون أدنى علم له بما كان الآخرون قد توصلوا إليه.

أضـف إلى كل ذلك تمكنه من تعميم معادلاته ونظرياتـه وذلك لغرض الوصول إلى وضع قوانـين لحركة المواد المرنة الصلبـة هذه المرة، فقد قام على سبيـل الخصوص بابتكار وتطوير مجموعـة مـن المعـادلات (التفاضليـة الجزئيـة الأساسيـة – Fundemental Partial Differential) التـي تعـرف اليوم باسم (معادلات نافييـه وستوكس – Navier and Stokes Equations) والتـي تمكنت من توصيف والتنبؤ بخصائص جريان الموائع غير القابلة للانضغاط إضافة إلى تمكنها من ربط علاقة مفعول الضغوط ومختلف القوى الخارجية على مائع ما واستجابته لتلك القوى وشكل تلك الاستجابة بتعديل أسلوب جريانه.

لقد أثبتت تلك المعادلات فائدتها وصحتها في التنبؤ والتفسير والإجابة على الكثير من الأسئلة المحتملـة والمشاكل المتوقعـة في مصانع بناء السفن وطريقة محاكاة التغـيرات الجوية، وفي مشاكل وهندسـة جريـان الماء في الأنابيب العملاقـة والمتوسطة وأسلوب انسيـاب دوامات الرياح حول أجنحـة الطائرات أثناء اختبارها وحين تحليقها. لقد تمكن (ستوكس) من نشر تلك المعادلات التي توصل إليها مع زميله (كلاود نافييه) والتي عرفت فيما بعد باسمه في عام (1845) وكانت صياغته لهـا بطريقة فطنـة نالت استحسان وتقدير معاصريه وحتى اليوم، هذا وقـد أُقيم في عام (1846) اجتمـاع علمي خاص للاحتفاء (بستوكـس) وإنجازاته رعته بصورة خاصـة (الجمعية البريطانية للتقدم وتطوير العلوم) وقد دعي هو شخصياً لتقديم أبحاثه والتحدث عن إنجازاته رسمياً خلاله.

تطرقت موهبته وأعماله وأبحاثه – وكما سبق أن أشرنا – إلى العديد من الحقول والمواضيع العلمية والرياضية نلخص منها على سبيل المثال لا الحصر ما يلـي:

- تذبذب الموجات المختلفة في الماء (1847).
- تأثير الاحتكاك الهوائي على تصرف قطيرات المطر وتكوين السحب (1847).
- المتواليات الدورية في علوم الرياضيات وتطبيقاتها في دراسة الحرارة وحركية السوائل والكهربائية (1847).
- العلاقة ما بين قوة الجاذبية في إحدى بقاع الأرض وتأثيرات ذلك على تشكيل وشكل سطحها فيها (1849).

• البرهان الذي يبين حقيقة كون جاذبية الأرض أقل وأضعف على سطح قارة منها على جزيرة (1849).

• أسلوب عمل وتطبيقات إحدى الطرق المبتكرة في تعيين قيمة التكامل التالي المستعمل في الدراسات البصرية:

$$\int_{0}^{\infty} \cos\left[\frac{\pi}{2}(x^3 - mx)\right] \mathrm{d}x$$

لقيم كبيرة وحقيقية لـ(m). (1850)

• تأثيرات لزوجة السوائل على حركة البندول خلالها (1850).

• قانونه الذي يفسر أسلوب سقوط جسم خلال سائل رياضياً (1851).

• تأثيرات الرياح على شدة الصوت (1857).

• تأثيرات قرع الأجراس المشكلة على هيئة كرات على تصرف الغازات المحيطة بها (1868).

• مختلف أوجه الدراسات حول الضوء و(استقطابه – Polarization) ومواصفات (حيوده – Diffraction).

• قياسات الانحراف البصري في العيون (1849).

• حلول المعادلات التفاضلية المعبرة عن حركة الجسور الحاملة للسكك الحديدية (1849).

• تصميم واختيار الأجهزة اللازمة لتحليل الضوء المستقطب إهليجياً (1851).

• التوصيل الحراري خلال البلورات (1851).

• طرق لتحديد الثوابت اللازمة (للحلول التقاربية – Asymptotic Solutions) لمعادلة (بيزل – The Bessel Equation)[1]:

---

(1) Bessel Equation – أو قد تسمى بدالة (بازل) وهي دالة حسابية أول من عرّفها هو الرياضي الألماني المولد سويسري الجنسية [دانييل برنولي – Daniel Bernoulli (1700–1782)] وعممها الرياضي الألماني [فردريخ بازل – Friedrich Wilhelm Bassel (1784–1846)] فحملت اسمه. ومن أهم تطبيقاتها دراسة وحساب التغلغل الموجي وفروق الجهد المستقرة في علوم الموجات الكهرومغناطيسية والتوصيل الحراري وفي تذبذب الأغشية الصناعية – كالطبول وسماعات التلفون وفي مسائل النفوذية والانتشار في البلورات. وتختص هذه المعادلة بالأسطح الأسطوانية بصورة عامة ويعبر عنها رياضياً كما يلي: لأي رقم حقيقي أو معقد لـ(α).

$$\left[x^2\frac{d^2y}{dx^2} + x\frac{dy}{dx} + (x^2 - \alpha^2)y = 0\right]$$

$$\frac{d^2y}{dx^2}+\frac{1}{x}\frac{dy}{dx}-\frac{n^2}{x^2}y=y$$

لأي ثابت حقيقي هو (n)، (1868)

• تفسير ظاهرتي (التلألؤ – Fluorescence) و(الأطياف الضوئية – Spectra) (1854 –1852).

وفيما يخص النقطة الأخيرة هذه فمن المفيد أن نعلم بأن (التلألؤ) يشير ويعني ظاهرة لمعان جسم ما وإطلاقه للضوء المرئي بلون معين خاص بعد استحاثته وتهيجه من جراء تسليط أشعة كهرومغناطيسية عليه.

وفي عام (1852) تمكن (ستوكس) من التوصل إلى اكتشاف خاصية معينة في هذه الظاهرة، ألا وهي أن الطول الموجي لأشعة (ضوء التلألؤ) الصادر عن أي جسم يتمتع بهذه الخاصية لابد وأن يكون دائماً أكبر من الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي اللازم لاستحاثته وتهيجه. وقد قام بالفعل بنشر نتائجه التي توصل إليها في عام (1852) في مذكرة بحث بعنوان (حول تغيرات خاصية استلام الأشعة الكهرومغناطيسية وانبعاثها).

وتسمى اليوم تلك الظاهرة باسم ظاهرة (تلألؤ ستوكس – Stokes's Fluorescence) وتعني – مرة أخرى – قابلية جزيئات الأجسام على إعادة إشعاع الضوء بفوتونات تمتاز بأطوال موجية أكبر (أي بطاقة أقل وبذبذبة أدنى) من تلك التي سبق لها امتصاصها والتي كانت بطاقة أعلى وبذبذبة أكبر أي أن أطوالها الموجية كانت أقصر، أما تفسير هذه الظاهرة من الناحية العلمية فيعود الى خواص جزيئات المواد المتمتعة باكتسابها لخاصية التلألؤ ذاتها. ومن المعلوم أن فوتونات شعاع الضوء الساقط على الأجسام المتلألئة تحتاج إلى ما يقارب (10 مرفوعة إلى الأس السالب 15) من الثانية كي يتم امتصاصها من قبل تلك الأجسام، وأن الطاقة المحمولة من قبلها سوف تنتقل إلى إلكترونات ذراتها وتعمل على تحفيزها و نقلها من مستويات طاقاتها الأدنى (أي من مداراتها القريبة من النواة) إلى مستويات طاقة أعلى (أي إلى مدارات أبعد عن النواة). هذا وتبقى الإلكترونات المحفَزة في مداراتها العليا الجديدة لما لا يزيد على (10 مرفوعة إلى الأس السالب 8) من الثانية تعود بعدها إلى سابق حالتها وماضي وضعها، وعليها في هذه الحالة أن

تتخلص من الطاقة التي استلمتها فترسلها إلى خارجها على شكل فوتونات بطاقة مقاربة لطاقة الفوتون التي استلمتها أول مرة ولكن أقل قليلاً. وتُرى الفوتونات الجديدة المنبعثة على شكل ضوء مرئي ملون متلألئ تكسي بعض المواد بتلك الخاصية فيطلق عليها صفتها، ويعلم فيزيائيو الضوء بوجود المصطلح الخاص الدال رياضيا على مقدار الفرق ما بين الطول الموجي للفوتونات أو الموجة الكهرومغناطيسية الواردة إلى الذرات المتلألئة وبين الطول الموجي للفوتونات أو الموجة الكهرومغناطيسية الشاردة منها فأطلقوا عليه اسم (مقدار تغير ستوكس – Stokes Shift).

أما مصدر وأصل تسمية ظاهرة (التلألؤ) بذلك الاسم فيعود إلى مادة (الفوريت – Fluorite)[1] وهي مادة امتازت بشدة تلألؤها.

أما هو فكان أول من فسر بصورة علمية مقنعة تلك الظاهرة وأثبت إمكانية استحداثها في بعض المواد عن طريق تحفيزها بتسليط أشعة الضوء فوق البنفسجية عليها. ونعلم اليوم أن خاصية تحفيز تلك المواد لا تقتصر على استعمالنا على الضوء والأشعة فوق البنفسجية كما اختبر وذكر (ستوكس) نفسه، وإنما بإمكان كافة أنواع الإشعاعات الكهرومغناطيسية سواء كانت الضوء فوق البنفسجي أو الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء وحتى الأشعة السينية والموجات الراديوية على توليدها.

لقد استمتع (ستوكس) وطوال حياته بالتفكير وتصميم التجارب والقيام بها، تلك التجارب التي عبرت عن اهتماماته التي غطت بالحقيقة طيفاً واسعاً جداً من العلوم تراوح ما بين الفيزياء وعلوم النبات، حتى إنه كان قد ساهم في التوصل إلى اكتشاف التركيب الفعلي لمادة (اليخضور – الكلوروفيل – Chlorophyll) وهي المادة الكيميائية الحياتية التي تكسب أوراق النباتات لونها الأخضر والمسؤولة عن إنجاز عملية (التركيب الضوئي Photosynthesis)

(1) Fluorite – ويسمى أيضا بالفلوروسبار، وهو خام هالوجيني مكون من (فلوريد الكلسيوم – $C_a F_2$)، يوجد على أشكال تكعيبية متجانسة وقد تكون ثمانية الأوجهه متجانسة. قد توجد بلوراته متطابقة كالتوائم وأمكن إيجاد مكعباتها بطول ضلع مقداره 20 سنتيمتراً في إحدى خاماتها في روسيا. يعني الاسم باللاتينية (القابل للسيلان أو الإسالة) بسبب انخفاض درجة انصهار أفرادها ومنها اشتق اسم عنصر غاز الفلورين.(المترجم).

لإنتاج (السكر الاولي - الكلوكوز - Glucose) من مواده الأولية وهي غاز ثاني أوكسيد الكربون الذي يمتصه النبات من الجو ومن الماء الذي يأخذه من التربة. وقد نشر ذلك البحث في عام (1864) في دورية (الجديد من اكتشافات الجمعية العلمية). ومن بين أعماله المهمة الأخرى كانت (وعلى سبيل المثال) نظريته في ظاهرة (استطارة - Diffraction) الضوء والتي نشرها في عام (1849) بعنوان (النظرية الحركية في الإستطارة - Dynamical Theory of Diffraction) وبحوث في (الضوء - Light) في عام (1884)، والمسالك الطبيعية في علوم الدين في عام (1891)، علماً بأن ستوكس نفسه لم يكن ميالاً إلى نشر أعماله واكتشافاته وإنما اقتصر ذكره لها أمام طلابه ومستمعيه خلال إلقائه لمحاضراته.

امتاز (ستوكس) في حياته وفي تصرفاته وأعماله بقيم خلقية ومهنية عالية جداً، فقد كان متواضعاً في تصرفاته كريماً في اعترافه بفضل الآخرين عليه وعلى المجتمع، ولم تكن في ذاته ذرة من حسد، فكم كان سعيداً بالاعتراف والإشادة بجهود من سبقوه والإشارة إليهم بالبنان كلما اقتنع بأن ما توصل إليه هو بجهده وبتفكيره كان قد سبقه غيره إليه، وكثيراً ما تكون تلك الإشارة والاشادة بغير ما منة وبدون أي جدال. أضف إلى كل ذلك امتيازه عن غيره بدأبه على... وعدم تحرجه من مشاركة معظم أفكاره وإبداعاته الذهنية مع غيره من العلماء دونما خوف من أي (سرقة لأفكاره) ولا أي انتحال لإنجازاته من قبل الغير، فقد كان لا يبالي بذلك. وقد جاء على لسان (لومار - Lumar) يوماً بأن أحد أعضاء الجمعية الملكية كان لقد لاحظ المنحى والأسلوب المهني الراقي والنادر والخصال التربوية والإنسانية النادرة في شخصية ستوكس حين قال:

((إن ما استرعى انتباهي واستدعى إعجابي حقاً في صفات ومزايا الأستاذ (جورج) هو منتهى كرمه في طريقة احترامه واستقباله لكافة الناشدين لنصحه ولرأيه، فهو كثيراً ما كان يترك ما في يده من أعمال علمية ويتوقف عن تأملاته وأفكاره الشخصية، ولفترة من الوقت الثمين يمنحها بكرم وسعادة مع كامل اهتمامه وإنصاته وتعاطفه إلى أي نظرية علمية أو نقطة جوهرية فلسفية أو ملاحظة عملية تجريبية كان يود أحد طلابه أن

يستأنس برأيه فيها أو أن يطلب نصحه بشأنها)).

لقد أكد (ديفد ولسن – David Wilson) في مؤلفه الموسوم (المراسلات العلمية والآراء الكلامية ما بين كل من (السر جورج كابريل ستوكس) و(السر وليم ثومسن المعروف بالبارون كلفن) دماثة خلق الأول وكرمه العلمي وأخلاقه العالية حين كتب يقـــول:

((يصـح هنـا ما يقال بـأن جمهرة العلماء لا يتفقـون على باطل؛ ولكـن معظم علماء ومفكري أواخر القرن التاسع عشر كانوا قد توصلوا إلى شبه إجماع بأن (ستوكس) – بتصرفه وأفكاره وممارساته – كان مختلفاً كامل الاختلاف عن معاصره (كلفن)... لم يكن ذهن وتفكير (ستوكس) ولعقود خلت حكراً عليه، بمعنى أنه لم يبخل قط لا بوقته – فهو لم يحكره ويحجره على أداء أبحاثه الشخصية وحسب – ولا بإبداعاته وبنات تفكيره عن أحد –فكان كثيراً ما يسـاعد الآخرين في بحوثهم ويشـحذ هممهم ويساعدهم– إلى الدرجـة التي حدت بالكيميائـي (ارثر سـمثلز – Arthur Smithells) إلى الإفصـاح خطياً بأن (ما قدمه سـتوكس لأبناء جيله وتلامذته وزملائه كان من العظمة والثراء ما يصعب أو يستحيل حصره، علماً وخلقاً ونصحاً). لقد اعترف حتى (كالفن) بكرم (ستوكس) الذي لم تكن لتحده حدود [فقد كان كالريح المرسلة التي ترمي بكنوز أفكارها لكل من كان له نصيب وافر من حظ باهر ساقه إلى طريقه فنال حظوة الحصول على كل ما صادف وسأله عنه])).

هناك اليوم ما يُعرف (بنظرية ستوكس في حساب التفاضل والهندسة)[1].

والتـي ظهرت للعيان ولأول مرة في عـام (1850) وقد ثبتها (اللـورد كلفن) وهو اللقب

---

(1) Stokes Theorem – نظريـة ستوكـس – أو نظريـة ستوكس الشاملة. هـي نظرية في حقل التفاضـل الهندسي والخاصة (بالمضاعفـات Manifolds–) ومثالهـا تصغير أحجام كبيرة من سطح الأرض لتمكين رسمها علـى السطح الإقليدي الاعتيادي (مثـل مستوى الورقة) رغم حقيقة كونه منحني، وقد استطاعـت هذه الطريقة اختـزال العديـد من النظريـات الأخـرى فـي مواضيـــع (التفاضـل الاتجاهـي – Vector Calculus). كان أول مـن توصـل إليهـا هـو (وليم ثومسون – William Thomson) والمعروف باللورد (كلفن) وأخبر (ستوكس) بها في شهر تموز (يوليو) من عام (1850). وضعها ستوكس بدوره كسؤال من ضمن اختبارات (جائزة سمث) لعام (1854). الأمر الذي أدى إلى تسميتها باسمه. (المترجم).

الذي أطلق على (وليم ثومسن - William Thomson) في رسالة له إلى (ستوكس) نفسه ولكن لم يضمنها أي إثبات لها. ولقد اكتسبت اسمها من اسم (ستوكس) وذلك ابتداءً من عام (1854)، وذلك لأن هذا الأخير كان الواضع الأول لإثباتها في خلال أدائه لأحد امتحاناته. أكد نسبه الاسم إلى النظرية استعماله من قبل العالم الجليل (جيمس كلارك مكسويل - James Clerk Maxwell) كلما جاء في ذكره إياها.

وفي عام (1891) ذكر (ستوكس) في كتابه الذي ألفه بعنوان (المسالك الطبيعية في علوم الدين) ما يلي:

((إذا ما اعترفنا وآمنا بوجود الله (عز وجل) وأيقنا ببديع صنعه وإنفاذ إرادته في ملكوته فإن المعجزات مصطلحاً وحقيقةً لن تكون بعيدة عن متناول إدراكنا فستكون حتماً كنتيجة طبيعية لذلك الإيمان، فالتفكير المنطقي السليم والنابع من يقيننا بأنه هو (سبحانه وتعالى) الموجد للكون ولقوانينه ونواميسه سيحتم علينا قبول النتيجة الطبيعية التي تحتم إمكانيته (جل وعلا) على إيقافها وتعليقها مؤقتاً - لحدوث المعجزة - الخارقة لها. أما إذا ما شاكل عقلك أي رَيبٌ في إمكانية تعليق قوانين نواميس الكون أو إيقافها فلست مجبراً على الإيمان بذلك)).

لقد عاش (ستوكس) حاملاً مضض الوحدة بعد وفاة زوجته، رغم مجيء إحدى بناته مع زوجها واستقرارهما معه في ذات كوخه للسهر على راحته وتقديم الخدمات الواجبة من قبلهما إليه ولرعايته بعد ذلك الحادث الأليم. نعته (مجلة التايمز - The Times Magazine) بعد يومين من موافاته لأجله في عام (1903)، وقد جاء في ذلك النعي ما يلي:

((لقد كان (السر ج. ستوكس) ألمعياً متميزاً بكل شيء.... ولكن إن وجب علينا التحديد والتعيين فسيأتي إعجابنا بخلقه العالي وقابليته الفذة على تجاوز مثالب الطموح الزائد والحسد المزري.... لقد كان إنساناً سامياً لم يبخل بكرمه العلمي على أحد رغم عبقريته الرياضية وطراز تفكيره العبقري الفريد.... وعلى ذكر العبقرية والملكات الرياضية، فكثيراً ما جاء في الذكر والأثر بأن العقول الجبارة القادرة على إدراك

وتحليل خوافي وأعماق الرياضيات العالية غالبا ما تكون قاصرة عن إدراك متطلبات الحياة الاعتيادية وغالبا ما تفشل في تحقيق اندماجها فيها. ولكن في سيرة (السر جورج ستوكس) ما يثبت بالملموس من الفعل وبالمرئي والمحسوس من العمل، بأن ذكاء الرجل كان على أتم الاستعداد، وكان قد نجح بالفعل في التعامل مع الحياة ومشاكلها العملية ومتطلباتها الاجتماعية بنفس يسر وسهولة تعامله وتفكيره بمبادئ وقوانين ومعادلات الرياضيات العالية)).

لقد جاء نعيه كذلك على ذكر عميق إيمانه بالله (تبارك وتعالى) وعلى تأثير ذلك الإيمان على صقل شخصيته وحسن أخلاقه وتصرفه مع كافة الناس ومن ضمنهم طلابه ومحبوه، كما جاء على تعظيم وتخليد منحاه في حياته وأعماله وأفكاره على تعظيم وتقديس العلم والدين ودأبه على توثيق وإثبات دعم أحدهما للآخر دائماً:

((لا يمكن إدراك وإحسان ذكر أي من إنجازاته في حياته دون التطرق وامتداح الجانب الروحي والديني الذي كان دائم الظهور عليها، ولقد كان بنظر الكثيرين – وحتى اليوم – المثال الحقيقي المتجسد للإمكانية العلمية الحقيقة الفذة المتجسدة والمتشربة بالإيمان الصادق والاعتقاد بوجود الخالق (جل وعلا)، فهو كان قد نجح فعلاً في تجسيد تلاقح المنحى البحثي العلمي مع التقوى والانصياع للتعاليم الدينية.... ورغم صعوبة إدراك هذا التوازن فقد كان (ستوك) من قلائل العلماء الذين تمتعوا بقابلية إدامة الحوار ومشاركة الأفكار الجامعة بين الدين والعلم وبأسلوب صادق جذاب يمنع اصطدامهما)).

ولم ينس المجتمع العلمي ولا كافة أفراده فضل هذا العالم الجليل ولا إنجازاته، فمن بين أساليب تكريمه وإعلاء شأنه وحفظ ذكراه كان إطلاق اسمه على إحدى فوهات القمر بقطر (51 كيلومتراً)، وهو الاسم الذي تمت المصادقة عليه رسميا من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عام (1964). كما أطلق اسمه – تيمناً به كذلك – على إحدى الفوهات الموجودة على سطح كوكب المريخ والتي امتازت بوجود العديد من الكثبان الرملية الداكنة فيها.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Dake, H. C., and Jack DeMent, *Fluorescent Light and Its Applications* (Brooklyn, NY: Chemical Publishing Company, Inc., 1941), 51-52.

Dietz, Leonard A., "Contamination of Persian Gulf War Veterans and Others by Depleted Uranium," July 19, 1996; see www.wise-uranium.org/dgvd.html.

Hopkin, Michael, "Swimming in Syrup Is as Easy as Water," Nature Publishing Group; see www.nature.com/news/2004/040920/full/news040920-2.html.

Larmor, Joseph, *Memoir and Scientific Correspondence of the Late Sir George Gabriel Stokes* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1907).

Parkinson, E. M., "George Stokes," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Wilson, David, *The Correspondence Between Sir George Gabriel Stokes and Sir William Thomson, Baron Kelvin of Largs* (New York: Cambridge University Press, 1990).

Wood, Alastair, "George Gabriel Stokes 1819-1903: An Irish Mathematical Physicist," School of Mathematical Sciences, Dublin City University, Ireland, 1998; see www.cmde.dcu.ie/Stokes/GGStokes.html.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• واجب ووظيفة الفيزياء الأساسية هي دأبها واجتهادها المستمر لإيجاد النسق والنمط (متمثلة بالقوانين والمبادئ) الذي يمكننا وبوضوح من تفسير تصرف مختلف الظواهر والأحداث التي نشاهدها. ورغم رشاقة تلك القوانين وجمالها وكفاءتها إلا أن تفكيرنا سيظل عاجزاً عن تفسير سبب تصرفها بذلك الأسلوب، وما هو ناموس تكوينها ولن نستطيع الإجابة على (لم عليها أن تظهر على ذلك الشكل؟)، وحتى لو تصورنا توصلنا لإدراك أي قوة عليا أو ذكاء خارجي (أو توصل هو لنا) وأجابنا بذكاء على كافة أسئلتنا السابقة فإننا سنجدها حتما أجوبة لا منطقية ولا عقلانية.

جينز

James Hopewood Jeans، (Physics and Philosophy، 1942).

مقتطف من كتابه (الفيزياء والفلسفة).

• أخالني على صواب حينما أعتبر قوانين الطبيعة تعبيراً عن إرادة الخالق (سبحانه) والمجسد لأفكاره (تبارك وتعالى)، فهي الخالدة الأزلية الثبات. وبثباتها وأزليتها يتلاشى أي احتمال (للصدفة) وتكاد حتى مجرد الكلمة أن تزول، فلا وجود ولا معنى لأي صدفة أبداً بوجود القوانين الطبيعية الثابتة والراسخة (ولا

حتى تحت كل ما يسمى قانوناً). فلا يتبقى لنا هنا إلا اعتبارها (أي الصدفة) نتيجة متبقية من حاصل إخفاق بعض الحسابات هنا أو فشل بعض النتائج هناك والتي قد يظهرها تطبيق بعض القوانين الطبيعية المعروفة أو التي ستعرف فيما بعد.

موت

Henry Augustus Mott، (The Laws of Nature and Man's Power to Make Them Subservient to His Wishes)، 1882.

مقتطف من كتابه الموسوم (قوانين الطبيعة وفعل الإنسان في إخضاعها لإرادته).

• متى ما توصلت إلى القناعة التامة الراسخة بأن أي نظرية قد توصلت إليها أو فكرت فيها هي الأسلوب (الوحيد) والطريقة التي (لا مناص عنها) لتفسير ظاهرة واحدة أو مجموعة من الظواهر، هنا عليك أن تعي بأن هذه هي الإشارة الواضحة والدليل القاطع على أنك لم تفهم هذه النظرية أصلاً ولم تدرك لم وضعت ولا لأي حل ستقود.

بوبر

Karl Popper، (Objective Knowledge، An Evolutionary Appoach).

مقتطف من كتابه (المعرفة الموضوعية كأسلوب للتطور).

• جاء أول ذكر رسمي موثق معترف به لمصطلح (القانون الطبيعي) في اللغة الإنكليزية في حوالي القرن السابع عشر حينما بدأت مبادئ العلوم المنهجية في ترسيخ خطواتها تهيؤاً للانتشار.

وقد جاء بالفعل أول ذكر لأول مثالين حقيقيين لهما في معجم أكسفورد للغة الإنكليزية المنشور في عام (1665). عُزي أحدهما (لبويل - Boyle)، وجاء ذكر الثاني في دورية (إنجازات الجمعية العلمية) - كلاهما كان قد عَزا حركة الكون لإرادة الله (سبحانه وتعالى) وفيما عدا ذلك لم نجد إلا ذكر [(دسكارييه - Descartes) لقواعد وقوانين الطبيعة)] في كتابه المنشور في عام (1644) والذي كان بعنوان (المبادئ الفلسفية).

فراين

Michael Frayn، (The Human Touch).

مقتطف من كتابه (اللمسة الإنسانية).

قانون بير للامتصاص الضوئي

BEER'S LAW OF ABSORPTION

ألمانيا، 1852

تتناسب قابلية أي محلول لامتصاص الضوء المار به طرديا مع تركيز المادة المذابة فيه.

محاور ذات علاقة:

- بيير بوغوي (PIERRE BOUGUER)، و (يوهان لامبير JOHANN LAMBERT)، وقانون لامبير - بر (THE LAMBERT - BEER LAW)، وقانون بوغوي - بيير (THE BOUGUER - BEER LAW).

من أحداث عـــام (1852):

- نشرت الكاتبة الأمريكية (هارييت بيشير ستو - Harriet Beecher Stowe) كتابها الشهير (كوخ العم توم).

- نشرت الطبعة الأولى من(ثيزورس - Thesaurus) للطبيب ومؤلف المعاجم البريطاني (بيتر روجيه - Peter Roget) واعتُقلت الأمريكية - إيما سنود غراس - Emma Snodgrass) في بوسطن بتهمة ارتداء السروال الرجالي، ثم ما لبث أن تم إطلاق سراحها من قبل القاضي بعد محاضرة مطولة شرح لها فيها ونصحها خلالها بتجنب مثل هذه التصرفات غير المعتادة!

نص القانون وشرحه:

لنأخذ إناء زجاجيا أسطوانيا مملوءاً بمحلول ملون ونمرر خلاله حزمة ضوئية بطول موجي معين هو(λ) وبشدة معينة هي (I_0). لنا أن نتصور أن المحلول الملون في الأسطوانة الزجاجية لابد وأن يمتص جزءاً من حزمة الضوء المارة خلاله ويسمح للجزء الباقي بالمرور الذي ستصبح شدته (I).

ينص قانون بير على **أن كمية الضـوء الممتصـة من قبل المحلول تتناسـب طرديا مع تركيزه** (أي مع تركيز المادة المذابة فيه) **ومع طول المسار الضوئي خلاله** وسيمكننا التعبير رياضيا عن هذا القانون

بالمعادلة التالية:

$$A = \varepsilon \times c \times l,$$

حيث يمثل (A) مقدار امتصاص المحلول للضوء و (C) تركيزه مقاساً بعدد الأوزان المعيارية المذابة في اللتر الواحد منه (مول/لتر) و (l) هو طول المسار الضوئي بالسنتيمتر و(ε) هو ثابت التناسب الذي يسمى المعامل المعياري المميز أو الثابت المعياري للامتصاص. والآن إذا فرضنا أن A = صفرا لمحلول ما، فلن يمتص هذا المحلول أي فوتونا من فوتونات الضوء المار خلاله. تبرز دقة هذا القانون عند تطبيقه على المحاليل المخففة نسبيا ولا يمكن الاعتماد على دقته في المحاليل شديدة التركيز بسبب التداخلات التي تحدث بين جزيئات المحلول في تلك الحالة وتقاربها من بعضها البعض وتداخل شحناتها المستقرة فيما بينها، كما لا يمكن استخدامه أيضا في المحاليل ذوات الخواص الباعثة ذاتيا للضوء أو الحاثة له.

يمكن تعريف (A) بمنظور رياضي آخر هو:

$$A_\lambda = -\log_{10}(I/I_0)$$

عندما تكون (I) شدة الضوء النافذ من خلال السائل.

أما من الناحية العملية فيمكن استخدام هذا القانون وخاصية امتصاص الضوء من قبل محلول معين لمعرفة تركيزه أو لمعرفة الطول الموجي للضوء النافذ خلاله عند معرفة إحداهما، ويعتبر (قانون بيير) هذا الأساس في اختراع (المطياف) واستخدامه لمعرفة الطول الموجي للضوء النافذ (ε) وثابت التناسب للمحلول المستعمل، فإن معرفة كمية الضوء الممتصة من قبله ستمكننا من معرفة تركيز المادة المذابة فيه. ومن الجدير بالذكر هنا أن قيمة معامل الامتصاص (ε) تعتمد على طبيعة المادة المذابة وعلى الطول الموجي للضوء المستعمل.

للفضوليين فقط:

• يكاد لا يمكن حصر التطبيقات العملية المهمة (لقانون بير)، والتي تغطي مساحة هائلة منها تتراوح من دون حصر ما بين كشف المحاليل المختبرية المجهولة وتراكيزها من جهة وبين قابلية مختلف طبقات الجو على امتصاص الضوء من جهة أخرى. ومن التطبيقات الغريبة لهذا القانون استعماله من قبل

علماء النبات المهتمين بدراسة التجمعات الورقية العليا في الغابات الاستوائية الكثيفة والغابات المطيرة، فبفضل التحسينات التي أُدخلت عليه صار بالإمكان معرفة مقدار نفوذية الضوء من خلال أعالي الأغصان المتشابكة الكثيفة وإلى ارتفاعات معينة فوق سطح الأرض في تلك التجمعات الشجرية، ولدهشة العلماء فقد اكتشفوا اعتماد ثابت التناسب وهو الثابت المعياري للامتصاص على مقدار التغير في اتجاه الأوراق ومقدار زاوية جنوحها نحو الضوء في تلك الغابات وعلى تلك الارتفاعات.

أقوال مأثورة:

- بالإمكان تأكيد العلاقة البينة بين مقدار الضوء والإشعاع المنعكس من أرضية الغابات أو طبقات أوراقها السفلى وتأثير ذلك على طبقاتها العليا باستخدام شكل من أشكال قانون بير!

لي

Richard Lee، Forest Microclimatology

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد [اوكست بير (1825 – 1863) August Beer] عالم الرياضيات والكيميائي والفيزيائي الألماني الذي اشتهر بدراساته لخواص امتصاص الضوء في السوائل، في مدينة (تريه – Trier) وهي إحدى أقدم مدن ألمانيا التي تقع على الساحل الغربي لنهر (موسيل Moselle) قرب حدود ألمانيا مع (الكسمبرك –Luxembourg)، درس العلوم الطبيعية والرياضيات وتتلمذ على يد الرياضي والفيزيائي الألماني [جوليس بلكر (1801 – 1868) Julius Blucker] واستطاع أن ينال شهادة الدكتوراه ولما يتجاوز عامه الثالث والعشرين. قدّم وشرح قانونه المعروف الآن باسم **(قانون بير)** في كتابه (مقدمة في البصريات الفائقة– Introduction to Advanced Optics (Einleitungin die hohere Optik) وذاع صيته العلمي بعد ذلك حيث سرعان ما حصل على كرسي أستاذ الرياضيات في جامعة (بون Bonn). وفي ثلاثينيات عمره اجتاحته رغبة عارمة في تلخيص كامل الفيزياء الرياضية في كتاب، إلا أن منيته سرعان ما عاجلته وهو في عامه الثامن والثلاثين

وحالــت دون تحقيق تلك الأمنية الجبــارة والطموحة، ولذلك لم يمكن نشر معظم أوراقه والتي تضمنت مقالات في المرونة والمغناطيسية والكهربائية الحركية والخاصية الشعرية للأنابيب الدقيقة إلا بعد وفاته.

كان مــن الملاحظ عنــد العامة والعلماء، وقبل أن يُقدم **(بير)** علــى نشر اكتشافه الذي عرف فيما بعد **(بقانون بير)**، أن شدة الضوء بعد مروره خلال أي محلول لابد وأن يكون أقل من شدته عنــد المصدر. وفي هذا السياق على سبيل المثال فقد صــاغ الرياضــي الفرنســي [بيير بوغوي Pierre Bouguer (1898 – 1758)] في عـــام (1729) هــذه الملاحظــة كمّياً بقانونه حول الامتصاص الضوئي والذي نص على: **التناسب بين شدة شطر الضوء الممتص من قبل أي مادة مع ســمكهــا**، فقــد وضــع بوغــوي فــي مقالتــه المنشــورة فــي عــام (1729) بعنوان (تجــارب بصرية في اضمحــلال الضــوء): Essi – de la Lumicr Gradation sur la s'optique – (Opticel Experimcuts on the Gradation of Light)

حقيقة تناقص شــدة الضوء المرئي النافذ من خلال طبقات الجو العليا المتعاقبة واضمحلال شدته متى ما وصل إلى سطح الأرض وتمكنا من قياسه.

لم يحصل (بوغوي – Bouguer) على الشهرة التي نالها (بير – Beer) رغم اعتباره من قبل العديد من العلماء المكتشف الحقيقي للقانون الذي حمل ومازال يحمل اسم **(قانون بير)**، ومن الجدير بالذكــر أن الرياضــي والفلكــي والفيزيائي السويســري [يوهان هينرخ لامبير Johann Heinrich Lambert (1728–1777)] كان أكــثر وضوحا من (بوغوي) حين أعاد في مقالته الموسومة **(قانون لامبير للانبعاث الضوئي – الجزء الثاني)** اكتشاف ونشر **(قانون بوغوي)** للامتصاص الضوئي. وبعد إجراء وإعادة تقييم العديد من التجارب التكميلية الأكثر دقة لاحظ العديد من العلماء أن كمية الضوء الممتص من قبل أي محلول لابد وأن تتأثر بعوامل كثــيرة أخرى إضافة إلى اعتبــار سمك المسار الضوئي له. وأخيرا أعلن **(بير)** في عام (1852) الصيغة النهائية لقانون امتصاص الضوء في المحاليل والذي سبق وأن سمي بالعديد من الأسماء مثــل **(قانون بــير)** أو **(قانون لامبير – بــير)** أو **(قانون بوغوي – بير)** حين لاحــظ أنه بالإضافة إلى تناسب طول مسار الضوء (سمك المحلول) طرديا مع كمية الضوء الممتص عند مروره به، فإن

لكمية المادة المذابة في ذلك المحلول ومن ثم لتركيزه الأثر البين على ذلك الامتصاص أيضا.

شكل هذا القانون حجر الزاوية لما عرف لاحقا بـ(علم التحليل الطيفي الضوئي الكمي)، لأنه وببساطة وفر الطريقة الرياضية المثلى لمعرفة تركيز أي محلول دون الحاجة لإتلاف ولو جزء يسير منه. وتشعبت استخدامات **(قانون بير)** مع الأيام. ففي وقتنا الحاضر يستعمل هذا القانون لتحديد مقدار الأشعة الفوق بنفسجية اللازمة للتخلص من الميكروبات في المشروبات والعصائر والتي تعتمد على مقدار امتصاص تلك العصائر لتلك الأشعة وهذا بالضبط ما يفسره قانون (بيير).

ومن الجدير بالذكر أيضاً أن صاحبنا (بيير) لم يتمكن من صياغة القانون الأُسي للامتصاص،

$$\boxed{I = I_0 e^{-acx},}$$

إلا أن اسمه قد لحق به فسمي كذلك باسمه حيث (I) هو شدة الضوء المار خلال نموذج محلول بسمك مقداره (x) وبتركيز (c) في حين يمثل (a) معامل الامتصاص. أما أول من أطلق اسم (قانون بيير) على هذه العلاقة فهو (ب. والتر – B. Walter) في مقالته المنشورة حول الموضوع في دورية (حوليات الفيزياء) عام 1889.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Ihde, Aaron John, *The Development of Modern Chemistry* (New York: Dover, 1984).

Mavi, Harpal S., *Agrometeorology* (Binghamton, NY.: Haworth Press, 2004): discusses applications of Beer's Law to forest canopies.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• في البداية كانت الذرات... أوجدت نفسها بنفسها!! واستطاعت كل ذرة أن تختار لنفسها من قوانين الحركة ما تشتهي كناموس لها!! وهكذا عاش الجميع دهرهم بسعادة وحبور، وهكذا صدقوا ما عاهدوا بعضهم بعضا عليه ولم تنقض أي ذرة مذ ذاك عهدها المذكور!! ظل حالهم على ذا الحال حتى أعلَنّ مجتمعات: (أن يا أيتها الذرات اتفقن جميعاً على خطأ الجاذبية، وتَمردْن جميعكن على كافة قوانين الفيزياء). عند ذاك دقت ساعة الكون، وآل بأكمله إلى الزوال.

والآن إذا ما استنكر الملحدون غرابة هذه الأقصوصة، فليس لهم إلا أن يلوموا أنفسهم لأن دقة القوى الملازمة لحفظ الذرات في الكون والتي تُحيل دون نقضها لا يمكن أن تترجم لغويا بأفصح مما قيل.

هنري اوكستس موت من

Henry Augustus Mott.

The Laws of Nature and Man's Power to Make Them Subservient to His Wishes

مقتطف من كتابه (سلطة الإنسان في إخضاع قوانين الطبيعة لإرادته)

• كيف كان للكون – ومنذ لحظة ميلاده – أن يعي القوانين التي سيتوجب عليه اتباعها؟!

سمولن

Lee Smolin (Never Say Always), New Scientist, Septenber 23, 2006.

من مقالتـه (لا تقل دائما أبدا).

• ما عليك إلا أن تبسط يديك للريح ثم تقبضهما بسرعة لتشعر بحلاوة بضعة قوانين طبيعية مفعمة بالنكهة الرياضية فيهما! وما الغرابة في ذلك إذا علمت أن حتى الشمس عند استئذانها للدخول من خلال شبابيك غرفتك صباحا، عليها ألا تنسى القوانين التي عليها الخضوع لها وفق مشيئة الله (عز وجل) والتي صيغت رياضيا من قبل نيوتن وانينشتاين وهينزنبرك.

ليوبولد انفلد

Leopeld Infeld, Quest, An Autobiogrophy

مقتطف من (سيرته الذاتية).

• من الغرابة حقاً أنك لا تجد أي أثر لاستخدام مصطلح (القانون – Law)، لا لتوصيف أعمال (كوبرنيكوس – Copernicus)، ولا لأعمال (غاليلو – Galileo)! كما وإنك بالمثل ستعجب لعدم استخدام (كبلر – Kepler) لهذا المصطلح لتوصيف أعماله أيضاً، علماً بأنها كانت أول ما عُرف بـ(القوانين العلمية) الحقيقية، ،اعني بها (قوانينه) الثلاثة في حركة الكواكب.

فراين

Michael Frayn, The Human Touch

مقتطف من كتابه (اللمسة الإنسانية).

قانون ويدمان - فرانز للتوصيل الكهربائي والحراري

THE WIEDEMANN - FRANZ LAW OF CONDUCTIVITY

ألمانيا، 1853

يتناسب حاصل قسمة توصيل الفلزات للحرارة على توصيلها للكهربائية مع درجة حرارتها.

محاور ذات علاقة:

قانون ويدمان – فرانز – لورنز (WIEDEMANN–FRANZ–LORENZ)، وقانون فوريبه للتوصيل الحراري (FOURIER'S LAW OF HEAT CONDUCTIVITY)

من أحداث عام (1853):

– أكمل البريطاني (وليم شانكس – William Shanks) حساباته لنسبه الدائرة الثابتة (باي –π) إلى(607) مرتبة عشرية، وتمكن كذلك بعد مرور عشرين عاما من نشر تكملة حساباته إلى (707) مرتبة. ومن المدهش أنه بإعادة حساب ما قام به (شانكس) في الأربعينات من القرن الماضي تبين خطؤه في المرحلة الثامنة والعشرين بعد الخمسمئة (528)، مما يُفضي بديهيا إلى خطأ كافة المراتب بعدها.

– وافقت الولايات المتحدة الأمريكية في هذا العام على شراء (29640) ميلا مربعا أي ما يساوي (76770) كيلومتر مربع من الأراضي المكسيكية وذلك بصفقة مهد لها وزيرها إلى المكسيك آنذاك وهو جيمس كادزدن (James Gadsden) بلغت قيمتها (10) ملايين دولار أمريكي وعرفت تاريخيا باسم (صفقة كادزدن) وشملت شراء الأراضي المكسيكية التي تقع اليوم ضمن حدود ولايتي أريزونا الجنوبية ونيومكسيكو الأمريكيتين.

نص القانون وشرحه:

ينص **(قانون ويدمان – فرانز)** على: تناسب حاصل قسمة التوصيل الحراري(k) لأي فلز

على توصيله الكهربي [(رو – σ)] مع درجة حرارته المطلقة (T).

$$\frac{K}{\sigma} = LT$$

ويعرف ثابت التناسب (L) برقم لورنز نسبة إلى:

الرياضـي والفيزيائي الدنماركي [لودوك لورنـز (1891–1829) Ludwig Lorenz]

والذي برع في أبحاثه في هذا المجال.

وبالإمكان اشتقاق (رقم لورنز) من العلاقة التالية:

$$L = \frac{\pi^2}{3}\left(\frac{k}{e}\right)^2$$

والذي يساوي

$2.45 \times 10^{-8}\ W{\cdot}\Omega/K^2$

حيـث تمثـل (e) وحـدة الشحنـة التـي يحملهـا الإلكـترون و(k) هو ثابـت بولتزمن (Bolsrman Coustant).

ثبتـت صلاحية تطبيق هذا القانون في مجال محدود مـن درجات الحرارة ونسب إلى الفيزيائي الألمـاني (كوستـاف ويدمـان– Gustav Wiedmann) ومساعده (رودولـف فرانز – – Rudolf Franz) بعدما نشرا نتائجهما التي أكدت ثبوت قيمة (K/σ) لمختلف الفلزات في ذات الدرجـة الحرارية. ولما تمكن (**لورنز**) في عام (1872) من تجربة، ومناقشة، وإثبات حقيقة تغيير قيمة (K/σ) كدالة مع الحرارة صار هذا القانون يسمى بـ(قانون ويدمان – فرانز – لورنز).

الجدول رقم(9) ويبين معاملات التوصيل الحراري لبعض المواد المعروفة:

المادة	معامل التوصيل الحراري [(W/(m.k)]
الفضة	406.0
النحاس	385.0
الألومنيوم	205.0
الكونكريت (الخراسانة)	0.8
الستايروفوم (العازل الرغوي)	0.01

لا غرابة في تعاملنا خلال مختلف نشاطاتنا اليومية مع العديد والعديد من مختلف تطبيقات التوصيل الحراري؛ فمن منا – مثلا – لم تلذعه حرارة ملعقة الشاي المعدنية الصغيرة عند تركها فيه وهو ساخن؟ ومن منا لم يفضل التقاط ملعقة الشاي ذات المقبض الخشبي العازل للحرارة؟ فبالنظر لضعف توصيل الخشب للحرارة فهو يستعمل في صناعة المقابض لكافة آنية وأدوات المطبخ من قدور وملاعق كبيرة وغيرها (وإن صار استبدال الخشب اليوم بالبلاستك أكثر شيوعا فذلك يعود لجمالية الأخير وسهولة تشكيله ورخص ثمنه)، ثم من منا لم يلاحظ (في أيام الشتاء القارصة) برودة قطعة النقود المعدنية عند التقاطها من على سطح الأرض مقارنة بقطعة خشب مثلا؟ وتفسير ذلك يعود إلى سرعة فقدان القطعة المعدنية لحرارتها في الطقس البارد مقارنة بقطعة الخشب. ومن الجدير بالذكر أن للمواد الموصلة المختلفة (كالفضة والألومنيوم) معاملات توصيل حراري مختلفة، ويبين لنا الجدول رقم (9) معاملات التوصيل الحراري لبعض المواد المعروفة.

تعتمد كافة المواد المعروفة بتوصيلها للحرارة والكهربائية على فائض من الإلكترونات حرة الحركة في بنائها الجزيئي وهذا العدد يختلف باختلاف المواد، فالمواد الموصلة (كالمعادن والفلزات) غالبا ما تحتوي على فائض كبير من الإلكترونات على عكس المواد العازلة كالخشب والبلاستيك والمطاط فمن المعروف أن الكيان البلوري للمعادن والفلزات يتمتع (رغم صلابتها) بهامش حركة ترددية تحددها نوع الأواصر الإلكترونية بين جزيئاتها وقوة الربط بينها، فعند تسخين أي معدن تزداد حركة جزيئاته وتذبذبها (حتى وان حافظ على شكله الخارجي) بفعل الطاقة المكتسبة من المصدر الحراري، الأمر الذي يدفع عددا أكبر من إلكتروناته إلى الانفلات من قبضة أواصره وتجولها حرة ضمن كيان المادة الموصلة. هذه الإلكترونات حرة الحركة هي المسؤولة عن زيادة توصيل مادة ما للحرارة المسلطة عليها. ومن ناحية أخرى ولما كانت حركة الإلكترونات الحرة السريعة لإيصال الحرارة تتعارض مع مسار الكهربائية (والتي هي بدورها عبارة عن سيل من الإلكترونات السريعة) وتتصادم معها فلهذا تنخفض قابلية توصيل المعادن للكهربائية عند ارتفاع حرارتها. تعتبر نسبة التوصيل

الحراري إلى التوصيل الكهربائي لأي مادة (موصلة) ثابتة في درجة حرارة معينة ثابتة، والمواد جيدة التوصيل للحرارة غالبا ما تكون جيدة التوصيل للكهربائية.

كانت القناعة الشاملة بتطبيقات **(قانون ويدمان - فرانز)** على كل المعادن سارية حتى عام (2001) حينما أثبتت تجارب وأبحاث (جامعة تورونتو) عدم انصياع نوع جديد من (أوكسيد النحاس) لهذا القانون عند خفض درجة حرارته، الأمر الذي فتح أبوابا نظرية وتجريبية واسعة لتفسير ودراسة هذه الظاهرة والتي تنبأت بجهد ذهني ومعملي مضن ينتظر العلماء والباحثين لتفسيرها... ولم يقتصر الجهد والدهشة على ما سبق، إذ إن اكتشاف أصناف متجددة من المواد والموصلات (ومن النوع الذي لم يكن ويدمان وفرانز ليحلما بها) أضاف تحديات متجددة وأسئلة محيرة حول صمود قانونيهما في تصديه لتفسير تصرف هذه المواد.

ولتوضيح ما سبق دعني أقتبس لك الفقرة التالية من البحث الموسوم (تأثير بلتيه - Peltier - اللاخطي والتوصيل الحراري في الأسلاك النانوية)[1] الذي يبين ضرورة أخذ تاثير فيزياء الكم بالحسبان عند تجربة واستخدام أسلاك متناهية الصغر ذوات مقاطع بتلك القياسات لنقل الحرارة و/ أو الكهربائية. ووجدنا بالتجربة أن قانون ويدمان - فرانز (والذي يفسر بدقة التوصيل الحراري والكهربي عند نقاط التوصيل المعتادة) لم يعد كافيا لتفسيرها عند أخذ البعد الكمي[2] الفراغي (3D) بنظر الاعتبار، فهنا لابد من أخذ مبدأ الاحتمالية (Probability) [3] بالحسبان عند اشداد الارتباط بين مستويات الطاقة الهائلة مع كثرة الاحتمالات في أوجه توصيلها خلال مثل تلك الأسلاك فائقة الدقة والصغر. تؤكد هذه الفرضية - في المقابل - انتفاء الحاجة إلى وضع (التأثير الكميمي) بالحسبان عند التعامل مع الأسلاك الكبيرة نسبيا خارج النطاق النانوي حيث يضعف ويختفي **(التأثير**

(1) النانو: وحدة قياس متناهية في الصغر وتساوي جزءاً من بليون جزء من المتر،أي (1 / 1 000 000 000)م. (المترجم).
(Nonlinear Peltier Effect and Thermoconductance in Nanowires)

(2) ميكانيك الكم (أو الكميم): تضم مجموعة المبادئ والنظريات التي تحكم الأجسام على المستوى الذري وما دون الذري من ناحية تصرفاتها الفيزيائية وخصائصها. (المترجم).

(3) مبدأ الاحتمالات: Probability Principle: هو حقل الرياضيات المعني بتحليل ودراسة الظواهر العشوائية.(المترجم).

الكمي) بطبيعة الحال كما في حياتنا اليومية بأبعادهـــا الاعتياديـــة. بعبارة أدق: يبرز التأثير الكمـي أو الكميمي (ومن ثـم يستوجب ضرورة إدخال حساب الكـم بنظر الاعتبار) عند التجربـة واستخدام الأسلاك متناهية الدقة والصغـر - أي تلك التـي تقـارب أبعادها نصف قطـر الإلكترون[1] ومـا دون حيث يظهر تأثير النفـق (Tunnel Effect)[2] جليـا علـى احتمـالات التوصيـل وانتقـال الحـرارة والكهربائيـة، أو عند اشتداد خاصيـة توزيع فرمي (Fermi Distribution)[3] عند درجات الحرارة القريبة من درجة الصفر المطلق.

للفضوليين فقط:

• امتـازت عائلـة (ويدمـان) بجذور عبقرية فريـدة تعود إلى الجذوة المتميـزة في أصول تلـك العائلـة الفذة (!) فلقـد اشتهـر الأب باكتشافه لقانـون (ويدمان - فرانـز) إضافة إلى منصبـه كأستاذ بـارع في الكيمياء الفيزيائيـة بجامعة لايبـزك (Leipzig)، واشتهر جدهم

(1) نصف قطر الإلكترون: ويسمى أيضاً بـ(نصف قطر لورنز - Rorentz Radins) أو بـ(طـول تشتت تومسـون - Thomson Scattering Length) ويساوي [(58) 2.8179402894 مضروباً بـ 10 مرفوعة إلى الأس السالب 15) متراً] ويحسب عادة بطريقة (نسبية) كلاسيكية (غير كميمية) حسب المعادلة:

$$r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\, me\, c^2} \cdot \frac{e^2}{me\, c^2}$$

حيـث (e) هـي مقدار شحنـة الإلكترون، و(me) هي كتله، و(c) معـدل سرعة الضوء في الفراغ، و(ε_0) مقـدار (عدم الممانعة - Permittivity) لتوليد الشحنة الكهربائية في الفراغ الحر. (المترجم).

(2) تأثـير النفق: Tunnel Effect: ظاهـرة نانوية تشذ فيها الجزيئات والجسيمات عن قوانـين المكانيك الكلاسيكية باجتيازها حواجز افتراضية أو مجالات ذوات طاقة حركية أعلى من تلك التي تملكها تلك الجزيئة أو الجسيم. (المترجم).

(3) Fermi Distribution - وقـد يسمى (The Fermi - Dirac Statistics)) ؛ وهوذلك الجزء من (العلوم الفيزيائية) المختص بتوصيف طاقات الجسيمـات المفردة ضمن الأنظمـة التـي تضـم العديد من تلـك الجسيمات المتشابهة والتي تنصاع لـ (مبدأ إقصاء باولي - Pauli Exclusion). اشتـق اسـم هـذا التوزيـع مـن اسمي العالمين [انريكو فرمي - Anrico Fermi (1901-1954))] و [بـول ديـراك - 1984-1902) Paul Dirac)]. يختص هـذا التوزيع بتوصيـف الجسيمات المتطابقة والحاوية على (نصف العدد الصحيح من مواصفات اللف (Half - Integer Spin) في النظم المتناسقة حرارياً.

يتخـذ (توزيـع فرمي وديراك) شـكل المعادلة التاليـة لنظـام مكـون من (فيرميونـات) متماثلة، حيث يُمثـل (n_i) حالة معدل عدد الفيرميونات الموجودة ضمن (حالة جزيئية مفردة) وكما يلي:

$$\bar{n}_i = [(\varepsilon_i - \mu)/kT]_{+1}$$

حيـث يمثـل k - ثابـت بولتزمن و T - درجة الحرارة المطلقة. و ε_i - مقدار طاقة حالة حالـة الجسيمة الواحدة و μ - قيمة الكامن الكيمياني. (المترجم).

لأمهم [الهارد متشرلخ (Elhard Mitscherlich (1794-1863] بأبحاثه الرائعة حول التناظر في التراكيب الكيمياوية والتماثل في الكيان البلوري للمواد، أما الأم كلارا (Clara) فقد ساهمت في ترجمة العمل الخالد للفيلسوف الطبيعي (أيرلندي الأصل) [جون تندل (John Tyndall (1820 - 1893] والموسوم - الحرارة كنموذج للحركة - (Heat as a Model of Motion) إلى الألمانية.

- كتبت الموسوعة البريطانية طبعة عام (1911) عنه ما يلي:

(ظلت حسابات التوصيل الحراري للفلزات المختلفة التي قام (ويدمان) بها فعالة وموثوقة لفترة طويلة من الزمن يعتمدها الفيزيائيون في تجاربهم، أما قابليته الفذة وإبداعه في الأبحاث الكمية ودقته في تسجيلها فقد برزت جليا في تفسيره لوحدة الأوم[1] بدلالة المقاومة النوعية لسائل الزنبق، كما أدت تجاربه الفذة في حقل المغناطيسية إلى اكتشاف العديد من الظواهر. فعلى سبيل المثال لا الحصر، قام عالمنا الجليل بالعديد من الدراسات التي تتعلق بتأثير جهد الشد الميكانيكي المسلط على المعادن وتأثير ذلك على خواصها المغناطيسية إضافة إلى دراسة علاقة التركيب الكيميائي للمواد المعقدة بتلك الخواص، كما وحاول إثبات أوجه التماثل الملفتة للنظر بين قوانين العزوم والمغناطيسية).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

[كوستاف ويدمان (Custav Wiedemann (1826 - 1899] فيزيائي ألماني اشتهر بدراساته المتعلقة بالتوصيل الحراري والكهربائي في الفلزات وبأبحاثه في المجال الكهرومغناطيسي.

ولد في مدينة برلين (Berlin) الألمانية في عام (1826) ونشأ يتيم الأب إذ سرعان ما وافت المنية والده ولم يبلغ هو الثانية من عمره. كتبت دورية (مقدمات الجمعية الملكية) الصادرة في لندن نادبة حظ هذا العبقري العاثر الذي لم يمهله القدر كثيرا حتى وافت والدته أجلها المحتوم

(1) الأوم: Ohm - هي الوحدة العالمية (Ω) للمقاومة الكهربائية وتعرف بمقدار مقاومة موصل الكهربائية إذا ما وضع بين فرق جهد كهربائي مقدارهُ (فولتاً) واحداً، أنتج (امبيراً) واحدا من التيار.

وهو على أعتاب عامه الثاني عشر.

كان أثــر يتــم (كوستاف) المبكر على جوهر حياته وبنــاء شخصيته بينا للغاية حيث اضطر إلى الاعتمــاد علــى ذاته وجاهد في سبيل تنميــة قدراته وقابلياته ذاتيا وامتــدت إليه يد القدر (شأنهــا مع معظم العظمــاء والعباقرة) رأفة به ورحمة بحاله فقيضت لــه صديقا وفيا أحاطه بعنايته، وحرص على توفير الفرص المناسبة لحصوله على الثقافة العلمية الكلاسيكية المعروفــة فـــي ذلك الزمــان. ولعل سر ولعه المفرط فـي دراســـة الفيزيـاء وشغفه الشديد بها يعود إلى تعلقه ولسنوات عدة خلال دراستــه فــي كولون جمنيزيوم (Cologne Gymnasium) بأستــاذه فــي مادة الفيزيــاء وهـــو توماس سيبيك (Thomas Seebeck).

شرع (ويدمان) بدراسته للطبيعيات في جامعة برلــين في عام (1844) وحاز على شهادة الدكتــوراه منهــا في عام (1847) عــن أطروحته حول مادة البايوريــت (Biuret)[1]. كما حاضر في مختلف مواضيع الفيزياء في الجامعة وأنجز بعض البحوث المتعلقة باستقطاب الضوء. تــزوج في عام (1851) من ابنة الكيميائي الألماني (الهارد متشرلخ) ورزق منها بولدين. هذا وقــد نشأ الأكبر (واسمه ولهــارد كاسم جده) ليصبح فيزيائيا ومؤرخــا للعلوم ووفق ما جاء في كتــاب نيوتــن هارفي (لمحة عن تاريــخ ظاهرة اللمعــان E. Newton Harvey's: A History of Luminescence) فقد نشر (ولهارد) هذا في عام (1880) بحثه الموسوم (حول سبل حساب الضغط على سطح الشمس والنجوم وبعض الملاحظات حول القياسات الطيفيــة الضوئية)، وكان عــام (1888) قد شهد صياغة (ولهــارد) – ولأول مرة في تاريخ الفيزياء – مصطلح اللمعان (Luminescence)[2].

أما الابن الأصغر (الفريد Alfred) فقد اختص (بعلم المصريات) وبرع فيه إلى درجة مكنته

(1) البايوريــت: مادة بيضاء بلورية نتروجينية التركيب رمزها الكيمياوي ($C_2 O_2 N_3 H_5$) تحضر بتسخين مادة البولينا – اليوريا – المعروفة بجوهر البول وهي المادة النهائية الناتجة لتحلل المواد الزلالية في الجسم. (المترجم).

(2) اللمعــان: وهي ظاهرة الإضاءة الذاتية لجسم بارد وقد تنتج عــن التفاعلات الكيميائية أو الطاقة الكهربائية أو الإجهاد المسلط علــى أنــواع من البلورات، وبذلك يختلف اللمعان عــن التوهج (Incandiescence) وهي ظاهرة إشعــاع جسم لضوء إثر رفع درجة حرارته. (المترجم).

مـن تأليف كتاب جامع شامل ومرجع مرموق في إثبات الدور المحوري الذي لعبه الدين في حيـاة مصر القديمة. وبالعـودة إلى حيـاة (ويدمـان) الأب نجـده قـد تسنم في عـام (1864) منصـب الأستاذيـة فـي الفيزيـاء بجامعـة بـال (Basel) السويسريـة وشغل خلال عام (1871) منصـب الأستاذ الأول في الكيمياء الفيزيائيـة (**بجامعـة لايبـزك**) فـي ألمانيا، كما شهـد عام (1877) تتويجه محررا لدورية حوليـات الكيمياء والفيزياء المرموقة (Annalen der Physik Unel Chemie).

لقد تمحورت اهتمامات (ويدمـان) حول الدراسات المتعلقة بتوصيل الفلزات للكهربائية وتأثير التيارات الكهربائية في دوران مستويات الضوء المستقطب وتوصيل الفلزات للحرارة، كما بلغ ذروة نجاحه وتكللت جهوده بالظفر حينما توصل مع مساعده (رودولف فرانز) في عام (1853) إلى اكتشاف قانون التوصيل (موضوع هذا البحث) والذي نص على **تناسـب توصـيل الفلـزات للكهربائية مع توصـيلها للحرارة عنـد درجة حرارة معينة**، هـذا وتنوعت أعمال ويدمان لاحقا وتشعبت حتى شملت مجالات واسعة وحقولاً شتى مثل:

- تأثير شدة التيار الكهربائي على الضغط التنافذي.
- تأثير الحرارة على درجة مغنطة الحديد والصلب.
- المغناطيسية في المركبات الكيمياوية.
- الضغط البخاري للأملاح المتميعة.
- بنـاء الكالفانومـترات الجديدة - وهـي آلات تستعمل لاكتشاف وقياس وبيان اتجاه التيارات الكهربائية الضئيلة.

ولعل أعظم أعماله كان كتابه المعروف بكتاب (الكلفنة) والذي ألفه ما بين عامي (1861-1863) واسمه بالألمانية هو (Die Leher ven Galvanismus) والذي لخص فيه ببراعة تامة كل ما كان معروفـا عن الكلفنة (وهو علم دراسة التيار الكهربائي المستمر وتأثيراته) حيث صدر أول الأمر تحت عنوان مطول هو:

Die Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus nebst)

Technischen Anwedungen) والـذي اختصـر إلى العنوان المذكور آنفا. وهنا لابد من التفاتة إلى مساعد (ويدمان) الفذ وهو (رودولف فرانز)، فمن الجدير بالذكر أن المعلومات المتوفرة عن هذا الشخص والذي اقترن اسمه باسم (ويدمان) في القانون شحيحة جدا فلا يكاد يذكـر اسمه إلا في قلة قليلة من الموسوعات العلميـة، فيما لايزال تاريخ ميلاده مجهولا. (وهنا يرحب المؤلف بأي معلومات تميط اللثام عن سيرة هذا العالم الفذ الجليل، والمجهول حقا).

وافـت المنية ويدمان في عـام (1899) ونشر نعيه في دورية (المراجعـة الفيزيائية Physical Review) وفي هذا النعي ظهرت جليةً براعة هذا العالم كباحث أصيل ومحاضر فذ وقد جاء فيه:

((إن خير ما توصـف به محاضرات الأسـتاذ (ويدمان) عن عناصر الفيزياء وخصـائص الكيمياء (إضافة إلى مميزاته الأخرى) هي البسـاطة والوضوح إضافة إلى قابليته الفذة في سلاسة السرد ووضوح الرؤيا!.. مَلكَ نواصي العديد الجم من أمهات تجارب النصف الأول مـن هذا القرن فهماً وتمحيصـاً، كما مَلكَ ثروة علميـة تاريخية جمة مكنته من إضـافة القيم التاريخية إضـافة إلى القيمة العلمية لكل موضوع كان يحاضر عنه. عالج (ويدمان) الفيزياء ببراعة الكيميائي الضليع قبل أن يعالجها من منطلق الرياضي المنحاز، كمـا امتازت معالجته للكيمياء بالنظر إليها مـن خلال عيني الفيزيائي المجرب فجاءت معالجته لكلا الموضوعين جادة بارعة ومنقطعة النظير)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Bogachek, E. N., A. G. Scherbakov, and Uzi Landman, "Nonlinear Peltier Effect and Thermoconductance in Nanowires," *Physical Review* B, 60(15): 678-682, October 15, 1999.

Harvey, E. Newton, *A History of Luminescence from the Earliest Times until 1900* (Philadelphia: American Philosophical Society, 1957).

Körber, Hans-Günther, "Gustave Wiedemann," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

"Wiedemann Obituary," *Physical Review* (Series I), 9: 57-58, July 1899.

"Wiedemann Obituary," *Proceedings of the Royal Society of London*, 75: 41-42 1905.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

• خلقت أدمغتنا وتطورت لتساعدنا على تحديد الأخطار والابتعاد عنها ولتوقع الأمطار والاستتار منها ومعرفة الحدود والعوائق وتجاوزها ولم تخلق وتتطور لإدراك معنى البلايين والمليارات من الأرقام ولا لتصور ما يعنيه البعد الواحد بعد المئة ألف!

رولاند كراهام

quoted in Paul Hoffman's ‹The Man Who Loves only Numbers› Atlantic Monthly، 1987

مقتطف من اقتباس له من مقالة بعنوان (الرجل الذي لم يعشق سوى الأرقام) لبول هوفمن.

• نعم لا أشك أن هناك المزيد والمزيد من القوانين التي لاتزال تنتظرنا لاكتشافها، فلايزال أمامنا اكتشاف القانون الموحد للجاذبية والكم مع قوى الكون الأخرى. ولكنني أكاد أجزم بأننا ولأول مرة في التاريخ نملك بين أيدينا من القوانين ما يكفي لتفسير التجارب التي قمنا بها ولحد اليوم.

لي سمولن

Lee Smolin، Never Say Always، New Sciantist، Sept، 23، 2006.

مقتطف من مقالته (لا تقل دائماً أبداً).

• إذا تمكنا من (فهم) كل ما في الكون فإما أن نكون (خارقي) الذكاء بشكل استثنائي أو أن مبادئ الكون وقوانينه (بسيطة) للغاية! فإذا وافقتني بأني وأنت لا نملك إلا (فردة) تحمل ما يقارب الكيلوغرام الواحد من (العصيدة) ما بين آذاننا، أفلا توافقني بأهلية الاحتمال الثاني؟.

فنسنت ايك

Vincent Icke، The Force of Summary

مقتطف من كتابه (قوة الاختزال).

• إن الحكمة وراء حقيقة القوانين الكونية الأساسية واضحة: هي لا تحكم تصرف الأجسام والأجرام في الواقع وإنما تحكمها في الحساب والمعادلات.

نانسي كاترايت

Nancy Cartwright، How The Laws of Physics Lie

مقتطف من كتابها (كيف تكشف كذب قوانين الفيزياء).

قانون فك للانتشار

FICK'S LAW OF DIFFUSION

ألمانيا، 1855

تزداد سرعة انتشار المواد بازدياد فارق التركيز بينها.

مصادر ذوات علاقة:

مبدأ (فك) لفسجلة القلب (FICK'S PRINCIPLE IN THE FIELD OF CARDIAC PHYSIOLOGY).

من أحداث عام 1855:

- تحصل الكيميائي الفرنسي (جورج اودمارس- George Audemars) على أول براءة اختراع للثقاب الأمين (Safety Matches) في السويد (وهو الذي لا يتقد عوده إلا بعد فركه بسطح مطلي بمادة كيمياوية خاصة).

- ربط خط قطار بنما، ولأول مرة المحيط الأطلسي بالهادي.

- توفي في هذا العام الرياضي الألماني الفذ (كارل فردريك كاوس- Carl Friedrich Gauss).

نص القانون وشرحه:

يعني قانون فك بالانتشار والتنافذ كطريقة لانتقال المواد في السوائل ويعرف التنافذ بأنه الطريقة الفيزيائية التي تنتشر بموجبها جزيئات مادة ما ذاتيا خلال وسطها وبالأخص ذلك الانتشار الذي يعني بحركة تلك الجزيئات من مجال تركيزها الأعلى إلى الأدنى. ويعتبر انتشار نقطة من الحبر عند صبها فوق سطح إناء من الماء مثالا بسيطا لذلك، حيث تنتشر جزيئات الحبر خلال جزيئات الماء بمرور الوقت.

دعنا نتصور مساحة خيالية معينة (ولنجعلها سنتيمراً مربعاً واحداً) في المستوى (ص، ع) وقد مست المحور السيني في نقطة عليه ونرمز لها بالخط المستقيم (أ ب)، والآن بإمكاننا تصور هذا السطح وكأنه حاجز خفي حرفه على المستوى السيني باتجاه المحورين (ص، ع)

وقد وضعت نقطة حبر على أحد جانبيه. تعرف الانتشارية (Flux، Jx) بانها كمية المادة الخالصة المنشرة خلال وحدة تلك المساحة في وحدة الزمن وبالاتجاه السيني، وللـ (انتشارية) وحدة قياس خاصة بها هي عدد الأوزان المعيارية (للمادة)/ سنتيمتر مربع مضروبا بالثانية. تبلغ قيمة الانتشارية صفرا (Jx = 0) متى ما اختفى الفرق، ومتى ما تساوى تركيز جزيئات الحبر خلال كافة نقاط السائل على جهتي الحاجز الافتراضي السابق، عندها يقال إن الحبر قد (مازج السائل) بانتظام في كافة أجزائه بمعنى توقع وجود عدد متماثل تماما من جزيئات الحبر منتشرة خلال عدد متماثل من جزيئات الماء على جهتي حاجزنا الخيالي (وهو الخط المستقيم السابق- أ ب -) وهنا يتساوى عبور عدد جزيئات الحبر عبر هذا الحاجز من اليسار إلى اليمين ومن اليمين إلى اليسار ويصبح انتشار جزيئات الحبر في إناء الماء كاملا. وإذا شئنا وضع التصور أعلاه ضمن الإطار الرياضي فسنفترض قيمة حقيقية (للانتشارية) أي (J x >0) في الاتجاه السيني. والآن دعنا نفترض وجود حبر (اكثر) على يمين الخط الخيالي المستقيم مقارنة بيساره، هنا سيتصرف تركيز الحبر كداله للاتجاه السيني بمعنى (dc/dx>0) فنتوقع (استنادا لتواجد جزيئات حبر أكثر في وحدة الحجم على يمين الخط الحاجز منها على يساره) أن يجتاز عدد أكبر من جزيئات الحبر حاجزنا الخيالي في وحدة زمنية معينة من اليمين إلى اليسار وليس العكس. وهذا ما يحدث فعلا، أي تنتقل جزيئات الحبر بالاتجاه المعلوم من المناطق الأكثر إلى المنطقة الأقل تركيزا به.

قانون انتشار فك الأول:

(Fick's First Law of Diffusion)

ينص قانون انتشار (فك) الأول: على زيادة صافي فيض (Flux) انتشار مادة ما (Jx) خلال أخرى بزيادة تركيزها النسبي (dc/dx)، بمعنى:

$$J_x = -D\frac{dc}{dx}$$

حيث (D) هو ثابت التناسب ويسمى بمعامل الانتشار [فمثلا يبلغ معامل انتشار مادة زلال العضلات في الماء بدرجة (20 مئوية) 11.3× (10مرفوعة إلى الأس السالب السابع) سنتيمترا

مربعا / ثانية، وتمثل العلامة السالبة في المعادلة السابقة حقيقة أن الانتقال بالانتشار لابد أن يتم باتجـاه معاكس للتركيز النسبي لأي مـادة، وتقاس (D) بوحدات السنتيمـتر المربع/ ثانية. أما وحدة قياس التركيز النسبي (dc/dx) فهي بوحدة الأوزان المعيارية المكافئة/ سنتيمتر – مرفوعا للقوة الرابعة]. وهنا لابد لنا من ملاحظة حقيقة اعتماد سرعة انتشار مادة ما على فارق التركيز بـين نقطتيها وهذه السرعة التي يعبر عنها بـ (dc/dx) للحبر هـي ذاتها عبارة عن دالة للزمن، بمعنـى إذا ما تركنـا الوقت يمر على سجيته فلابد للمحلول ككل أن يبلغ تجانسه (بمعنى تساوي تركيـز المـادة المضافة خلال كافة جزيئات الماء في الكأس) بعد مـرور زمن معين، وهنا لابد أن تبلغ (dc/dx) نهايتها بأن تصبح صفرا (dc/dx = 0). وغالبا ما يكتب القانون السابق بدلالة الزمن (t) أو خلال جزء محدد منه. ولقد قام العلماء بالكثير من التجارب والملاحظات لاختبار **(قانون انتشار فك الأول)** هذا للتأكد من مصداقيته وإليك المثال البسيط التالي:

خذ زجاجة أسطوانية الشكل قطرها (10 سنتيمترات) واملأها بسائل يحتوي على مادة مذابة بحيث يتناقص تركيزها (أي تنتشر) خطيا على طول محور الأسطوانة، وليكن معامل انتشار المادة المضافة (D) مساويا لـ [4 x (10مرفوعـة إلى الأس السالب الخامس) سنتيمتر تربيع/ ثانية]، فـإذا افترضنا أن تركيز المادة المضافة (المذابة) عند سطح إحدى نهايتي الأسطوانة يساوي (وزنا معياريـا مكافأ واحدا/ ديسمتر مكعـب) وعند النهاية الأخرى يســاوي (نصف وزن معياري مكافـئ / ديسمتر مكعب) وتفصل بين النقطتين مسافة مقدارهــا (10 سنتيمترات). جد قيمة فيض انتشار المادة المضافة المذابة في المادة المذيبة إذا علمت أن انتشارها يتم بصورة متجانسة.

لحـل هذه المسألة نفترض وجـود النقطة الأولى على بعد (x) فتكـون المسافة التي تفصلها عن النقطة الثانية هي(x + 10 سنتيمترات) والآن ستكون المسافة الفاصلة بين النقطتين هي(0.1 متر).

يبلغ مقدار التغير في التركيز:

$$c(x_2) - c(x_1) = 0.5\ mol/dm^3 - 1.0\ mol/dm^3$$

$$= -0.5\ mol/dm^3$$

$$or = -500\ mol/m^3$$

ويبلغ مقدار التغير في المسافة:

$$x_2 - x_1 = 10 \text{ cm or } 0.1 \text{ m}$$

وعليه فإن قيمة (dc/dx) التقريبية

$$dc/dx = -(500 \text{ mol/m}^3)/(0.1 \text{ m}) = -5، 000 \text{ mol/m}^4$$

وعليه فإن القيمة التقريبية لفرق التركيز ستكون (5000) وزن معياري مكافئ/متر(مرفوعاً للقوة الرابعة).

ولما كانت قيمة معامل انتشار المادة المذابة المضافة [D = 4 × (10مرفوعة إلى الأس السالب الخامس)] ثا/ سم^2. وتضرب في (100سم / 1م × 100سم/1م × ثا/ سم^2) لتحويلها إلى وحدات ثا/ متر مربع.

وبتطبيق القانون

$$J_x = -D\frac{dc}{dx}$$

نحصل على قيمة انتشار المادة (Jx)

$$Jx = -(4 \times 10^{-9} \text{m}^2/\text{s})(-5 \times 10^{-3} \text{ mol/m}^4) = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/(m}^2\cdot\text{s)}$$

مقاسة بوحدات (الأوزان المعيارية المكافئة/ متر تربيع x ثانية)

قانون انتشار فك الثاني:

(Fick's Second Law of Diffusion)

يفسر (قانون انتشار فك الثاني) كيفية تغيير انتشار التراكيز المختلفة لمادة معينة خلال وسط ما مع الزمن. ولتوضيح ذلك دعني أعود قليلا (لقانون انتشار فك الأول) الذي ينص على تساوي فيض انتشار أي مادة (Jx) في كل اتجاهات وسط معين إذا تجانس تركيز المادة المضافة (جزيئات قطرة الحبر كما في مثالنا السابق) وثبتت قيمة (dc/dx) لكافة قيم (x) ولهذا سيكون تركيزها (c) ثابتا مع الزمن، وبعبارة أوضح: سيكون فيض انتشار المادة (الحبر في الماء) في أية وحدة من وحدات حجم مادة الوسط ومن أية جهة من اتجاهاته مساوياً لفيض

انتشارها من جهته الأخرى إذا ما بلغ (الحبر) مرحلة الاستقرار والتجانس مع (الماء).

إذا حدث ولم يكن تركيز المادة المضافة ثابتا في كامل حجم مادة الوسط كما في حالة إدخال عدة نقاط من الحبر – مختلفة التراكيز – في ذات الوقت إليه، عند ذاك سيخضع تصرف المادة المضافة وانتشارها في مادة الوسط (لقانون انتشار فك الثاني) والذي ينص رياضيا على:

$$\left(\frac{\partial c}{\partial t}\right)_x = D\left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2}\right)_t$$

حيث $(\partial c/\partial t)x$ هو تغيير تركيز المادة في نقطة (x) مع الزمن، وهنا لابد من الإشارة إلى افتراض ثبات معامل انتشار المادة (D) وعدم تأثره بتغير التركيز. وهنا يمكن اشتقاق (D) باستعمال أي من (قانوني فك الأول أو الثاني) ولكن يفضل استعمال الثاني بالنظر لصعوبة قياس (Jx) عند وجود تراكيز مختلفة في أماكن متباينة من مادة الوسط.

يعتبر (قانون انتشار فك الثاني) من القوانين العامة الشاملة ذات التطبيقات المتعددة في مختلف المجالات حيث يفسر (ادوارد ل. كوسلر – Edward L. Cussler) في كتابه (قانون فك الثاني – تفسير الانتشار لمن لا يفهم) (Edward L. Cussler – Fick's Second Law or Diffusion for Dummies) قائلا:

> **((بإمكاننا استخدام هذا القانون للتنبؤ بالتفاعلات الحسية الفسيولوجية وكيفية تفسير الدماغ (للحلاوة النسبية) عند تناول المشروبات والعصائر وذلك باعتبار اعتماد مقدار الإحساس بالحلاوة على تركيز المادة السكرية المنقولة من سائل معين إلى سطح اللسان المغطى بنهايات البراعم الحسية للتذوق، كما بالإمكان تفسير انتشار مادة الفرمون(Fermon)[1] التي تفرزها إحدى أنواع النمل عند تعرضها للخطر أو حين عثورها على الغذاء وكيفية انتقال هذه المادة إلى بقية النمل في الجوار كوسيلة من وسائل التحضير أو الجذب للاتصال بين الحشرات باعتماد معامل انتشار عال جدا لتلك المادة)).**

(1) Fermons – يعتقد أنها عائلة من (أشباه الهرمونات) تمتاز بفعاليتها العالية وهي مواد متطايرة قد تستعملها بعض الحيوانات والحشرات كواسطة للاتصال وتبادل المعلومات. (المترجم).

ومن أمثلة الاستخدامات الأخرى لهذا القانون كذلك كان التنبوء بكيفية انتشار القارض المائي المعروف باسم (المسكرات – Muskrat)[1] بصورة وبائية في أوربا عام (1905) إثر حادث إطلاقه العفوي إلى مجاري الأنهار. وفي التعرف على أسلوب انتشار المواد الملوثة المتطايرة (أو مساحيقها) وانتشار الغازات السامة في السيناريوهات المماثلة للحروب البيولوجية والكيمياوية، كما استعمل كذلك لتصور انتشار مجاميع (الصيد والجمع) البشرية إلى بقاع الأرض المجاورة في العصر الحجري القديم. ومن الجدير بالذكر إمكانية تطبيق هذا القانون على تصرف كافة المواد الصلبة والسائلة والغازية وحتى على التجمعات البشرية فقد أمكن خلال بعض التجارب من استخدامه لحساب تراكيز غاز ثاني أوكسيد الكربون (وبالتالي حساب الدلالة لمقدار المادة السكرية المصنوعة) في مختلف أجزاء أوراق النبات خلال عملية التركيب الضوئي المعروفة[2]

وإذا استرسلنا في ضرب الأمثلة صار بإمكاننا استخدامه لدراسة طريقة انتشار الرادون[3] في الهواء عقب إجراء التجارب وإحداث الانفجارات الذرية، والمواد الهيدروكربونية (كالبترول عند غرق ناقلاته) في مياه البحار أو خلال التربة عند حدوث انفجار آبار النفط. ولقد تمكن العلماء المختصون واستفادوا فعلاً من وضعهم لسيناريوهات تكاد تكون كاملة لما يمكن أن يحدث عند توقع التلوث بانفلات الغازات السامة عند تسربها، أو انتقال السحابة الجرثومية عند إطلاقها، أو لحساب معدلات تلوث التربة والهواء بعد انقشاع الغيمة الحرارية إثر انفجار

(1) Muskrat – أحد القوارض المائية، اسمه العلمي (Ondatra Zibethica)، يعيش في أوربا والولايات المتحدة الأمريكية وكندا، يمتاز بذنبه الطويل المصفح بالقشور والمبعوج جانبياً، واحتواء أصابع أرجله الخلفية على (الصفاقات) لتساعده على السباحة وبفرائه البني الغامق اللماع. (المترجم).

(2) أو عملية التمثيل الكلوروفيلي (Photosynthesis) – وهي عملية تحويل غاز ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) اللاعضوي إلى مواد ومركبات عضوية على شكل (سكريات بالأخص) وذلك بوجود ضوء الشمس ومساعدة مادة (اليخضور – – Chlrophyil)، هذا ويتم تحويل ما يقارب (000 000 000 1000) ألف بليون طن من هذا الغاز إلى مادة حيوية من قبل كافة أفراد المملكة النباتية سنوياً. (المترجم).

(3) برزت أهمية الرادون دوليا كغاز مشع في درجات الحرارة الاعتيادية شديد الاستقرار ناتج عن انحلال عنصر (الراديوم) المشع بعد حادثة انفجار مفاعل نشر ينوبل الروسي المعروفة. رمزه الكيمياوي (Rn) ووزنه الذري (86). يمتاز بكونه غازاً نبيلاً عديم الرائحة واللون والطعم وهو من (أثقل) العناصر المعروفة والتي تحتفظ بحالتها الغازية. معلومات الكيميائيين عنه شحيحة بالنظر لخطورته. (المترجم).

نووي محتمل، أو حتى لتصور السيناريو المحتمل لتسرب ممكن لمواد مشعة داخل جوف الأرض.

للفضوليين فقط:

• يعتبر (فك) وعن جدارة المخترع الأول للعدسات العينية اللاصقة وذلك في ثمانينيات القرن التاسع عشر حينما صنعها واختبرها على الأرانب أولا ثم جربها بنفسه. وهنا لنا أن نشير أيضا إلى أن الاختراع الأمثل والاستخدام الأفضل للعدسات اللاصقة المريحة والآمنة طبيا لابد وأن تعزى لاختصاصي صنع النظارات الأمريكي كيفن توي (Kevin Tuohy) من كاليفورنيا والذي ابتكر استخدام البلاستيك اللين لصناعتها في عام (1948).

• تمكن (فك) في عام (1865) وبمعية الكيميائي الألماني جوهانز وسليسنس (Johannes Wislicenus) من تسلق أحد جبال الألب السويسرية لدراسة العلاقة بين طعامهم الذي استهلكاه خلال الرحلة وتأثيره على مكونات نماذج إدراريهما عند تحليلها، وتمكنا سويا في عام (1866) من نشر دراستهما تحت عنوان (الأصل في تجهيز طاقة العضلات) والتي تضمنت استنتاجهما بأن الشحوم والكربوهيدرات – وليس الزلاليات – هما نوعا الطعام الذي يعوّل عليهما في مد العضلات بالطاقة.

أقوال مأثورة:

– من الغريب حقا أنه لم يتمكن أحد من قبل من اكتشاف هذه الطريقة السهلة والبسيطة والمباشرة لحساب كمية الدم المنطلقة من القلب إلى الرئتين عند انقباضه – والتي أُثبتت صحتها في الحيوانات على الأقل – كل ما نحتاجه هو حساب كمية الأوكسجين المستهلكة من قبل الحيوان (من حجم معين من الهواء) في فترة محسوبة من الزمن، وحساب كمية غاز ثاني أوكسيد الكربون المنطلقة منه لذات الفترة. يتم خلال التجربة سحب عينة من الدم الشرياني والوريدي وتحسب كميتي الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون في كليهما، وبعملية طرح بسيطة نتوصل لحساب كمية الأوكسجين التي يحملها حجم معين من الدم خلال مروره عبر

الرئتين. وبحساب كمية الأوكسجين المستهلكة من حيز الهواء المعلوم سابقا يمكن حساب حجم كمية الدم المارة خلال الرئتين خلال تلك الفترة المعلومة وعند قسمة هذا الرقم على عدد ضربات القلب خلال فترة معينة كذلك، (ولتكن دقيقة واحدة) سنتمكن من حساب عدد السنتمترات المكعبة من الدم التي تم ضخها من قبل بطين القلب الأيمن إلى الرئتين. وسنتوصل إلى ذات النتيجة عند حساب كميتي غاز الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون التي نحصل عليهما من تحليل عينتي الدم الشرياني والوريدي من أوعية طرفية لحساب عدد السنتيمترات المكعبة من الدم التي يتم نضخها من قبل البطين الأيسر لسائر أنحاء الجسم.

فك

Adolf Fick، (On the Measurement of the Blood Volume in the Cardiac Ventricle،) 1870.

من كتاب (حساب حجم الدم في بطين القلب) لادولف فك، 1870

– لا غرابة في إمكانية تفسير توقعات (قانون انتشار فك) باستخدام نموذج (الخطوة العشوائية البسيط) – (Simple random – walk model). يفترض هذا النموذج والذي يسمى أيضا خطوة المخمور– drunkard's Walk) اتخاذ كل جزيئة وبمفردها سلسلة من الخطوات في اتجاهات عشوائية لا تعتمد الواحدة على الأخرى. ينطبق (قانون انتشار فك) هذا، على الجزيئات التي تنتشر خلال محلول كما تنطبق على الجزيئات التي تنتشر عبر حاجز أو خلال قناة. ففي جميع الحالات تنساق الجزيئات في حركتها متبعة السبيل العشوائي ليس إلا.

جيرارد مدلتون وبيتر ولكوك

Gerard V. Middeton and Peter R. Wilcock.

Mechanics in The Earth and Environmentel Sciences.

مقتطف من كتابهما (ميكانيكية الأرض وعلوم البيئة).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

[ادولف فك (1829–1901) Adolf Fick] فيزيائي ألماني اشتهر بقوانين الانتشار

التـي تحمل اسمـه، ولد في مدينة كاسـل (Kassel) الألمانيـة وكان ترتيبـه التاسع لأبيه أستـاذ المعمار المـدني (فردريك فك). حمل ادولف – شأنه شـأن العديد من أفراد عائلته – بـذور العبقرية والذكاء كالكثـير من عظماء هذا الكتاب. فله أخ تبوأ منصب الأستاذية في التشريـح في جامعة ماربرك (Marburg) وآخر أصبح أستاذا في القانون. أما (فك) نفسـه فقد فتنته الرياضيات والفيزياء منذ شبابه، لكنه قرر اتخاذ الطب كمهنة خالها أكثر ملاءمة له.

اهتم (فك) أشـد الاهتمام بالرياضيات وتطبيقاتها في حقل الفزيولوجيا لدراسة الأشكال التشريحيـة لعضلات جسم الإنسـان. نشر أول بحث له في عـام (1849) وقد كان بعنوان (دراسة في العزوم المتولدة من عضلات الساق).

أتم دراستـه حتى حاز على شهـادة الدكتوراه في الطب عام (1851) عن أطروحته حول المشاكل الناتجة عن الانحراف البصري – (Astigmatism) وهي عبارة عن عيوب خلقية في تكور مقلة العين تنعكس سلبا على انكسار الضوء وتحول دون تمركزه على منطقة البصر في الشائبـة الصفراء[1] على شبكية العين. أوصله شغفـه بالرياضيات إلى العديد من الأفكار والإنجازات التي توجها باهتمامه (بموضوع الانتشار) حين توصل في أواسط عام (1850) إلى الاستنتاج بأن (انتشار جزيئات أي مذاب في أي مذيب لابد وأن تخضع لذات القوانين التـي تحكم انتشـار الدفء في الوسط الناقـل) وتأصل به الاعتقاد منـذ ذاك الحين بأنه لابد للانتشـار أن يوصـف بمعـادلات رياضية يمكن اشتقاقهـا من قانون فوريـه (Fourier's) للتوصيل الحراري (Fourier's Law of Heat Conduction).

ذكـر (ي. ل. كوسلـر E.L.Cussler) في كتابه (الانتشار: انتقـال الكتلة في الموائع) يقول:

(1) Fovea – أو Fovea Centralis وهـي منطقـة تقع على السطح الداخلي لشبكية العين وتمتـاز بكثافة الحجيرات البصرية فيها، مما يجعلها جزء العين المسؤول عن وضوح الرؤيا ووحدتها عند التركيز على القراءة وممارسة الأعمال الدقيقة. (المترجم).

((أقضت أفكـار(فك) ونظرياتــه حول الانتشار مضجعه وسلبت من عينيه الكرى، فما فتئ يناقشــها ويشرحها بالاســتناد إلى النظرية الحركية (Kinetic Theory) ويجادل المشــككين في صــحتها، وهنا لابد لنا من وقفة نشــير فيها إلى أنه رغم اعتبار ظاهرة الانتشــار مــن البديهيات اليــوم إلا أن نقاش أمثالها مــن الظواهر والنظريات من قبل طبيب في أواسط القرن التاسع عشر كان لابد وأن يعتبر من بوادر الألمعية ومن ومضــات العبقرية آنذاك وبلا جدال، فلقد اقتنع (فك) بأنه لابد لظاهرة الانتشــار أن تكــون عملية حركية على المســتوى الجزيئي وحاول فهــم وإدراك الفروق بينها وبين الحالة المســتقرة تحت ظروف معينة وبين حالــة التوازن الجزيئــي الحقيقي. وقد تمكن بالفعل من وضع العديد من المعادلات لتفسير ذلك)).

اجتهــد (فك) للتأكــد مــن صحة معادلاته فكان لابد لــه أن يستنبط طريقة ما للحصول علــى نموذج تجريبي (للحالة المستقرة) يتمتع بوجود تدرج في التركيز (Concantration Gradient). وتمكــن من ذلك أخيرا بوضع بلورات ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) في قاع أسطوانة زجاجية مملوءة بالماء على أن يتم بزل جزء الماء العلوي من الأسطوانة باستمرار. راقــب تجربته وسجل نتائجها حتى تمكن من الوصول إلى نموذج التغيير (الخطي -Linear) المنشود في التركيز.

قام (فــك) بتجارب أخرى لاحظ خلالها تناسب حجم الغاز المار عبر نسيج رقيق خلال وحــدة زمنيــة معينة مع مساحتــه ومع الفرق النسبــي في ضغط الغاز الجزئــي على جانبيه، وعكسيا مع سمكه.

$$V_{gas} \propto \frac{A \cdot D(P_1 - P_2)}{T}, \ D \propto \frac{S}{\sqrt{m_w}}$$

حيث يمثل (V_{gas}) حجم الغاز المار عبر الغشاء خلال وحدة الزمن، و (A) مساحته و(D) ثابت الانتشار للوسط و (P_1) الضغط الجزيئي للمادة المذابة على أحد جانبي الغشاء و(P2) الضغــط الجزيئي لنفس المادة المذابة على جانبه الآخــر، و(T) هو سمك الغشاء. وهنا يظهر

تناسب ثابت الانتشار(D) طرديا مع قابلية ذوبان الغاز في السائل (S) وعكسيا مع الجذر التربيعي لوزنه الجزيئي (m_w)[1].

عاش (فك) حياة حافلة ناهزت الـ(72 عاماً)، تزوج وهو بعمر (23 عاماً) وأنجب خمسة أولاد. امتهن أحدهم الطب وصار مدرسا للتشريح البشري وتدرج آخر في دراسة الحقوق حتى أصبح عضوا في هيئة المحلفين. شهد عام (1889) تسنم (فك) لكرسي الأستاذية الكامل في الفسيولوجيا في كلية طب جامعة وورزبرك (Wurzburg) ولم يتقاعد إلا وقد ناهز السبعين من عمره. امتدت إليه يد المنون ووافاه أجله المحتوم بعد عامين إثر نزف دماغي حاد في المخ لعله نتج عن فرط في ارتفاع ضغط الدم الشرياني، لم يجد علاجه آنذاك نفعا.

لقد تجلت عبقرية (فك) ونال الاحترام لتنوع المواضيع التي درسها خصوصا تلك التي جمعت بين علوم الفيزياء والفزيولوجيا. فلقد نذر نفسه عاماً كاملاً وذلك في (1854) لدراسة مفصل الإبهام فقط!. كما درس عضلات العين ووصف عملها وتمكن في عام (1855) من استنباط المعادلة التفاضلية التي تفسر ظاهرة الانتشار، كما ركز اهتمامه في وقت لاحق على تحليل ودراسة النقطة العمياء[2] وشبكية العين والرؤيا الملونة وحساب ضغط كرة العين. وتمكن أيضا من اختراع وتطوير آلات جديدة لقياس ضغط الدم وتسجيل حركة الصدر عند التنفس. ولعله كان أول من صاغ مصطلح (الفيزياء الطبية – Medical Physics) في عام (1856) ولما يتجاوز عامه السادس والعشرين، عندما نشر كتابه الحامل لذلك العنوان (Medizinische Physik) والذي صب فيه عصارة ذهنه النير وأسفر فيه عن جذوة عبقريته الفذة. لقد تضمن ذلك الكتاب الفريد

(1) الوزن الجزيئي Molecular Weight: لأي مادة هو حاصل جمع الأوزان الذرية لمكوناتها جميعا. (المترجم).

(2) The Blind Spot – وهي منطقة بداية تفرع العصب البصري (The Optic Nerve) عند مقتبل دخوله إلى مقلة العين لتكوين شبكيتها. وتمتاز هذه المنطقة بخلوها من الحجيرات البصرية الحساسة للضوء وعليه (لا يرى) الدماغ الصور المتكونة عليها. (المترجم).

مناقشاتــه ومعادلاته وتوقعاته للعديد من الظواهــر الفزيولوجية في جسم الإنسان والتي تباينــت ما بــين انتشار الغــازات ونفوذها خــلال أخشية الجسم المختلفــة إلى شروحات لفسجلــة وديناميكية العضلات ودراســة جريان الدم في أوعيتــه ومطاطية جدران تلك الأوعيــة، إضافة إلى دراساته حــول فيزياء انكسار الضوء في العــين وكيفية تولد الحرارة الذاتية في الجسم الآدمي.

يعــود لــ(فك) الفضل لاستنباطه في عــام (1870) لمبدأ حساب كميــة الدم التي يضخها القلب وذلك بحساب معدلات غاز الأوكسجين فيه والذي ساعد الكثير من العلماء والبحاثة في أعمالهــم. (معدل ضخ القلب للــدم (Cardiac Output) مصطلح فيزيولوجي طبي يعنــي مقدار الدم الخارج منه في الدقيقة الواحدة). وأهم ما توصل إليه (فك) في هذا المجال هــو إمكانية حساب معدل ضخ القلب للدم من حساب كمية الأوكسجين المستهلكة خلال عمليــة التنفس مقسومة على الفرق بين كميتي الأوكسجــين في دم الأذينين الأيسر والأيمن. وبعبارة رياضية فإن مقدار ضخ القلب للدم (لتر/دقيقة) يساوي مقدار الأوكسجين المستهلك (ملليلتر/دقيقة) مقسوما على فرق كمية الأوكسجين فــي الــدم الممزوج (شرياني وريــدي – أي في الشعيرات الدموية الطرفية –(مقاسا (بالمليلتر/دقيقة)، وتعرف هذه العلاقة فزيولوجيا (بمبدا فك – Fick'sPrinciple)).

لقــد تمكن العلماء من التأكــد من صحة هذا المبدأ ولأول مرة في عــام (1930) (أي بعد ثلاثــين سنــة من وفاة واضعه) وذلك عنــد تمكنهم من سحب عينــات دم شرياني – وريدي ممزوج بإدخال الإبرة الشوكيــة[1] (Spinal Tap Needle) إلى القلب عن طريق جانب عظــم القصــ الأيمن وسحب عينــات من دم البطــين الأيمن مباشرة. شملــت أبحاث (فك) ودراساته مواضيع متعددة كدراسة سرعة جريان الدم في الأوعية، وقياس ضغطه في الأوعية

(1) وهــي إبــرة مجفنة طبية طويلة نسبيــا (3.5 انجاً – 9 سنتيمترات) يستعملهــا أطباء التخدير لإيصال المــادة المخدرة في عمليات التخديــر الجزئي، كما في حالات التخديــر النصفي عند الولادة. وتستعمل كذلك لسحب الســائل الشوكي للتحليلات المختبرية، كما قد تستعمل لإيصــال بعض الأدوية العلاجية الكيميائية في حالات انتشار السرطان إلى الجهاز العصبي أو الإصابة به.(المترجم)

الشعرية، ودراسة استقلاب الزلاليات وفعل العضلات في توليد حرارة الجسم وتأثير الحوافز العصبية عليها.

سرد (وليام كولمان – William Coleman) في كتابه المعروف (علم الأحياء في القرن التاسع عشر) المنشور في عام (1874)، آراء فك الاختزالية (Reductionist Credo) والتي تتلخص بوجهة نظره حول اختزال كافة أوجه الحياة وإمكانية اعتبارها نتيجة طبيعية للفعاليات الميكانيكية التي تقوم بها الظواهر الحياتية والتي توفر ما نسميه (الحياة) للكائنات. لقد لخص كتاب كولمان آراء (فك) حول طبيعة الحياة قائلا:

((لا أشك مطلقا بإمكانية إرجاع واختزال كل ما نطلق عليه (الحياة) والتي تتمتع بها كافة الكائنات وبضمنها الإنسان إلى مجموع القوى والظواهر التي تحكم كافة العناصر المادية، وأعني بها مبادئ الكيمياء والفيزياء. وبعبارة أوضح تبين لي بعد تحليل كافة القوى المتولدة من تفاعل الذرات والجزيئات وتصرفاتها وخصائصها الكيميائية والفيزيائية وبدراسة كافة قوانين العلوم الحركية ومسبباتها الميكانيكية، صواب النموذج (الكيموفيزيائي- Chemicophysical) للحياة بمعنى إمكانية عزوها كاملة إلى التفاعل المادي فيما بينها بالاعتماد على القوى الميكانيكية المسببة لها ولهذا عليّ الإقرار بأن كافة حقائق الحياة الفزيولوجية ما هي إلا انعكاسات بيّنة لحقيقتها المادية وخصائصها الميكانيكية لدى كافة الأحياء بما فيها البشر)).

لقد نشر (فك) إضافة إلى كتابه الشهير آنف الذكر (الفيزياء الطبية) العديد من المقالات العلمية والكتب الطبية الأخرى مثل (المجمل في الفزيولوجيا A Compendium of Physiology) وكتاب الموجز في تشريح وفسلجة الحواس ودوران الدم – (Handbook of Anatomy and Physiology of the Sense Organs; and Circulation of Blood) وأخيرا أوجد اثنان من أبنائه في عام (1929) (منحة ادولف فك) وهي عبارة عن مبلغ مالي يمنح كجائزة نقدية كل خمس سنوات لأفضل مساهمة متميزة في حقل الفزيولوجيا.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Bentley, David J., Jr., "Polymers/Laminations/Adhesives/Coatings/Extrusions." *Paper, Film & Foil Converter* magazine, July 1, 2001; see pffc-online.com/mag/paper_polymerslaminationsadhesivescoatingsextrusions_3/; includes a description of Edward L. Cussler's talk titled "Fick's Second Law or Diffusion for Dummies."

Coleman, William. *Biology in the Nineteenth Century* (New York: Cambridge University Press, 1978).

Cussler, Edward L., *Diffusion: Mass Transfer in Fluid Systems* (New York: Cambridge University Press, 1997).

Middleton, Gerard V., and Peter R. Wilcock, *Mechanics in the Earth and Environmental Sciences* (New York: Cambridge University Press, 1994).

Rothschuh, K. E., "Adolf Fick," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Sten-Knudsen, Ove, *Biological Membranes* (New York: Cambridge University Press, 2002).

Tinoco, Ignacio, Kenneth Sauer, and James Wang, *Physical Chemistry* (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1978).

Vandam, Leroy D., and John Fox, "Adolf Fick (1829–1901), Physiologist: A Heritage for Anesthesiology and Critical Care Medicine," *Anesthesiology*, 88(2): 514–518, February 1998.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

- لا يفهم (عبقرية) العبقري إلا (عبقري) مثله.

انتوني سمث

The Mind

- شكلت الرياضيات (ومنذ عهد غاليليو إلى الآن) العمود الفقري للعلوم، فلقد آمن بها كل من اشتغل بالنظريات العلمية واعتبرها الطريقة المثلى لدراسة الظواهر الطبيعية وتفسيرها. ولكن ألا تعتقد معي أن حقائق الكون وتصرفاته لا تحتاجان لمن يحكمهما بمعادلات رياضية ضيقة محدودة... وإنما تتطلعان إلى سبل ومفاهيم أكثر شمولية ومرونة وأوسع تطبيقا كالمبادئ والأفكار التي تدار بموجبها لعبة الشطرنج.

كراهام فارميلو

Foreword to (It Must be Beautiful، Great Equations of Modern Science.)

مقتطف من كتابه (إنهن لفاتنات، لابد من ذلك، المعادلات العظيمة للعلوم الحديثة).

- يفترض أي عالم - عند شروعه بدراسة أي مجموعة من الظواهر الكونية - بأنها محكومة بقوانين

ومعادلات قابلة للفهم والإدراك لأنها نتاج تفكيرنا وعصارة عبقريتنا.

ولكني أعتقد أن هذه الفرضـية ليسـت كاملة ولا يمكن اعتبارها حقيقة مطلقة، فما رأيك بالتفكير في الموضوع من جهته الأخرى: وهي أن منطقية تصرف الكون حولنا ما هو إلا انعكاس لحقيقة وجود القاسم المشترك بين الكون المادي كما هو من حولنا من جهة، وبين مجموعة السلوكيات التي تحكم تصرف العقل البشري وطريقة عمله من جهة أخرى؟.

مارج وفريمان

Arthur March and Ira M. Freeman، (The New world of Physics).

مقتطف من كتابهما (عالم الفيزياء الجديد)

- معرفتنا بالكون والطبيعة لازالت محدودة ومقننه، فلم علينا الإصرار على ضرورة تصرفهما حسب ما نريد؟.

كارتورايت

Nancy Cart wright، (How the Laws of Physics Lie) .

مقتطف من كتابه (كيف على قوانين الفيزياء أن تكذب).

قانون باي - بالو للرياح والضغط الجوي

BUY'S-BALLOT WIND AND PRESSURE LAW

هولندا عام 1857

تهب الرياح عمودية على فارق منسوب الضغط الجوي.

محاور ذوات علاقـــــة

رودولف كلوزيس (RUDOLF GLAUSIUS)، وتأثير دوبلر (THE DOPPLER EFFECT)).

من أحداث عـــام (1857)

- نصبت شركة اليشااوتس (Otis) أول مصعد آمن في إحدى ناطحات سحاب مدينة نيويورك حيث امتاز هذا المصعد بتزويده بمكابح اضطرارية مما قلل من الخوف من خطر السقوط بتزايد بناء ناطحات السحاب هناك.
- أصبح الطلاق بدون موافقة البرلمان قانونيا في بريطانيا.
- نشر العدد الأول من الدورية الشهيرة (الأطلسي الشهري Atlantic Monthly).
- أثبت العالم (جميس كلارك ماكسويل -James Clark Mexwell) رياضيا أن حلقات زحل قد تكونت من أجسام وكويكبات صغيرة تدور حوله.

نص القانون وشرحه:

سمي (قانون باي - بالو) باسم مكتشفه (كرستوف هندريك دايدريك باي - بالو - Christoph Hendrik Diederik Buys-Ballot) وينص على أن **الضغط الجوي الأدنى لابد وأن يكون على يسار كل شخص جابه الرياح بظهره في نصف الكرة الأرضية الشمالي**، مما يعني أن الرياح تهب عكس عقارب الساعة فيه، هذا و(ينعكس اتجاه هبوب الرياح في نصف الكرة الأرضية الجنوبي). كما نص ذات القانون أيضا على **تعامد الضغط الجوي مع اتجاه الريح إذا ما قيس على ارتفاعات كافية عن سطح الأرض** لتلافي تأثير احتكاك الرياح بها.

يتأثـر نظام الطقس علـى الأرض بالعديد من العوامل كشكل الأرضـ الكروي ودورانها وبتأثـير كوريبولس (Coriolis Effect) القائل بميل كل ما على سطح الأرض أو ما يعلوها (كتيارات البحار والمحيطات والرياح) للانحراف إلى الجانبين بسبب دورانها.

بإمكاننـا فهم سبـب تكون دوامـات الهواء (والأعاصـير) حول مناطـق الضغط الجوي المنخفضـة باعتبار انسياب الرياح إليها مـن مناطق الضغط الجوي المرتفع في شمال وجنوب خط الاستواء. فمن المعلوم أن تهب الرياح الملامسة لخط الاستواء (والقريبة منه) بسرعة أعلى مـن تلـك التي تهب بعيدا عنه، بسبب بعد الثانية النسبي عن محـور دوران الأرض، ولتفسير ذلك تصور ضرورة هبوب الرياح البعيدة عن محور دوران الأرض (والقريبة من خط الاستواء) بسرعـة أعلى من تلك القريبة منـه (والقريبة من خطوط العرض عنـد القطبين)، لأن المسافة التـي علـى الأولى قطعها في اليوم الواحد تفوق تلك التي علـى الثانية قطعها في ذات اليوم، ولذلـك فإن الضغط الجوي المنخفض قرب خطـوط العرض العليا في الشمال (والبعيدة عن خـط الاستواء) ستسحب الريـاح عالية السرعة والضغط والتي تـدور حول خطوط العرض الدنيـا (قرب خط الاستواء في الجنوب) وتدفعها للاتجاه شمالا. مما يعني في المحصلة ضرورة هبوب الرياح من الجنوب نحو الشرق في نصف الكرة الأرضية الشمالي.

وبإمكاننا تصور العكس تماما بالنسبة للرياح الهابة من الشمال نحو الجنوب (أي من منطقة ضغـط عـال ذات رياح بسرعـة عالية إلى منطقـة أخرى ذات ضغـط واطٍ) في نصف الكرة الأرضيـة الجنوبـي فالرياح الشمالية في هذه الحالة ستنحرف جنوبـا وإلى الغرب. وخلاصة القـول إن اتجاه هبوب الريـاح في نصف الكرة الأرضية الشمـالي سيكون بدوامات عكس عقـارب الساعـة حول أي نقطة ضغـط منخفض، على حين يكون اتجـاه هبوب الرياح في نصف الكرة الجنوبي بدوامات باتجاه عقارب الساعة حول أي نقطة ضغط منخفض.

وهنـا لابد من الإشارة إلى حقيقة ضعف تأثـير **(كوريولس)** قرب خط الاستواء مما يحد من تطبيق **(قانون باي- بالو)** عند دائرة خط الاستواء وما جاورها الأمر الذي ينعكس عمليا على زيادة قوة الأمواج وسرعة الرياح كلما ابتعدنا عنها شمالا أو جنوبا.

للفضوليين فقط:

• أجرى (باي – بالو) العديد من التجارب لفهم طبيعة الأصوات وانتقالها، ومن أغربها استئجاره جوقة كاملة من عازفي الأبواق بلحن [(G) الجي ما يجور] وأركبهم على متن قطار مسرع.

– أطلق الهولنديون اسمه في حياته على إحدى جزر المحيط الهادي تيمنا به.

أقوال مأثورة:

– عندما تقف وظهرك لاتجاه الريح ستشير يسارك دائما إلى اتجاه نقطة الضغط الجوي الأوطأ.

باي- بالو

C.H.D. Buys-Ballot، (On the System of Forecasting the Weather Pursued in Holland 1963).

مقتطف من كتابه (في سبيل نظام لتنبؤات الطقس في هولاندا).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

[كرستوف هندريك ديدريك باي – بالو (Christoph Hendrik Diederik Buys Ballot (1817–1890] خبير تعدين وأنواء ألماني واختصاصي في الكيمياء الفيزيائية من أصل هولندي اشتهر بتفسيره لحركة الرياح، ولد في مدينة كلويتنك (Kloetinge) الهولندية لأب شغل منصب وزير ألماني وعرف بنزاهته.

حصل في عام (1844) على شهادة الدكتوراه في العلوم وحاضر خلال عام (1845) في مواضيع التعدين وعلوم الأرض والأنواء الجوية في جامعة اترخت (Utrecht) وما لبث أن عين أستاذا للرياضيات فيها عام (1847). وصف كتاب ل.س. بالم (L.C.Palm) الموسوم (تاريخ العلوم في هولندا) سنين (باي – بالو) الأولى كعضو في هيئة التدريس الجامعية قائلا: (لقد اهتم (بالو) بالنظرية الرياضية للمادة والتي تفترض ضرورة انجذاب ذرات المواد المتشابهة

لبعضها من ناحية وفعل جزيئات الأثير (ether)[1] المحيط بها على تفريقها من ناحية أخرى).

نشـر (بالو) في عام (1849) أبحاثـه تحت عنوان (مخطط فيزيولوجيا المـواد غير العضوية في مملكـة الطبيعة) والذي قوبل من قبل المجتمع العلمي آنذاك بعدم مبالاة وإنكار للنظريات التـي جاء بها الأمر الذي أصاب صاحبه بخيبة أمل مريرة تحول على إثرها عن دراسة الفيزياء والكيمياء إلى غير رجعة وركز جل اهتمامه منذ ذاك على تقصي أحوال (الأنواء الجوية) والتي لم تكن قد بلغت مرحلة العلم المعترف به بعد.

شهـد عام (1854) ثمرة عشق (بالـو) لـ(علم) الأرصاد والتنبـؤات الجوية بإنشاء معهد الأرصـاد الجوية الهولندي كما شهد مناسبة زواجه الثاني. وفي العام التالي (1855) انتخب عضـوا في الأكاديميـة الملكية الهولندية للعلـوم ومقرها (امستردام)، ثم ما لبـث أن ترقى إلى منصب الأستاذيـة في الفيزياء عام 1867)). امتاز (بالو) بتدينه وبنشاطه كأحد أتباع كنيسة والـو (Walloon)[2]، ذلك النشاط الذي لم يفقه سوى ولعـه بـ(الأنواء والأرصاد الجوي) الذي لازمه لفترة طويلة حتى توج بتمكنه من تأسيس شبكة واسعة من اختصاصيي (الأنواء) في طـول البلاد وعرضهـا مكنتهم من تبادل المعلومـات حول تقلبات الطقس والمناخ آنياً بواسطة جهاز التلغراف كما مكنتهم من تطوير توقعات أرصاداتهم الجوية.

شهـد عام (1845) تتويـج جهود (بالو) بإنجـازه لأهم وأغرب التجـارب التي صممت للتأكـد مـن صحـة (تأثير دوبلر) الصوتي (Doppler Effect) والـذي ينص على وجوب ملاحظة فرق في تردد الموجات المستلمة من مصدرين صوتيين مادام هناك فرق نسبي بين سرعتيهمـا، بمعنى ضرورة زيادة تردد موجات الصـوت المقبلة نحو مستلمها ونقصانها عند

(1) الأثـير - هـو الوسط الافتراضي الذي ساد الاعتقاد سابقاً بوجوده وبأنه الوسـط الشفاف عديم الوزن واللون، متناهي اللطافة والخفة والمتغلغل في كل مكان والذي كان يعزى إليه فضل نقل أو انتقال الموجات الكهرومغناطيسية خلاله. سقطت نظرية (الأثير) بفعل إثبات قابلية انتقال تلك الموجات خلال الفراغ وفشل كل المحاولات لإثبات وجوده الفعلي. (المترجم).

(2) The Waloon Church: وهـو الفرع الكبير من (الكنيسة الكالفانية - Calvinist Church نسبة إلى المصلح الديني الفرنسـي [جـون كافـن (1564-1509) John Calvin] - والتي أنشئـت في هولندا وتبعتها مستعمراتهـا الواقعة إلى جنوب الإقليم وامتد نفوذها إلى فرنسا وضمت أفراد المجتمعات المسيحية الناطقين بالفرنسية. (المترجم).

إدبارهـا عنه. ولإجـراء هذه التجربة الحدث قام (بالو) باستئجار قطـار ملأه بعازفي الأبواق الذيـن طلب منهم عزف نغمة واحدة مستمرة أثناء مسـير القطار ليسمعها ويقيّمها جمهرة من الموسيقيين المحترفين وهم واقفون على جانب السكة! اضطر (بالو) إلى الاستعانة بالأذن البشرية المدربة لتقدير فرق الطول الموجي للنغمة المسموعة المتحركة جيئة وذهابا بالنظر لعدم وجود أي آلة معتمدة لإجراء مثل تلك القياسات آنذاك.

ولإكمـال التجربة قـام (بالو) باستئجار أعداد غفيرة مـن الموسيقيين المحترفين والمعروفين بكفاءتهـم العاليـة فـي تمييز النغمـات وضبـط الآلات الموسيقية. أركب عددا منهم القطار وأبقـى الآخرين على جانـب السكـة ثم طلب مـن أحد العازفين إعلان نغمة [جي ما يجور (G)] طويلـة وهو علـى متن القطار المتحرك، وأبقى ثلاثة آخرين على جانب السكة ووزع أربعـة عشر مراقبا آخر بالتساوي سبعة علـى متن القطار وسبعة على جانب السكة الآخر ثم طلب من الجميع تحديد آرائهم في حدوث أي تغيير في نغمة [الجي مايجور (G)] التي عزفت لمـرات عدة وليومين متتاليـين. وكنتيجة لتجربة مضنية استمرت علـى مدى اليومين عُزفت خلاهما مختلـف الأنغام بمختلف السرع وبعد جمع وتحليل آراء كافة المحترفين توصل (بالو) إلى الاستنتاج النهائي وأثبت صحة (تأثير دوبلر) والذي اختزله لاحقا إلى معادلته المعروفة.

اليـوم وبالرغم من يقيننـا القاطع من انصياع الضوء (كالصوت) تمامـا (لتأثير دوبلر) آنف الذكـر، إلا أن (بـاي – بالـو) ظل متشككا من تعميـم نتائجه التي حصـل عليها من تجاربه علـى الصوت ومدها لتصلح في تطبيقاتها على الضوء. كتـب كل من (دف مالوك – Dev Maulik) و (ايفيـكا زالـود – Ivica Zalud) في دورية (الموجات فوق الصوتية وتأثير دوبلر في تطبيقات طب النسائية والتوليد) مقالا جاء فيه:

((بالرغم من النجاح الفائق الذي أثبتته توقعات (باي – بالو) حول حقيقة وجود (تأثير دوبلر) وعلاقته بطريقة انتشار الصوت وتوقع اعتماده على زاويتي الانتشار والارتداد فقد كاد يكون من المسـتحيل تصديق حقيقة رفضـه لتعميم ما توصل إليه على تصرف الضـوء في طرق انتشـاره الموجية، إلا أن من الإنصـاف تفهم وجهة نظره إذا علمنا أن

عمـوم المجتمع العلمي خـلال فترة القرن الثامن عشر لم يكـن مهيئا لقبول تعميم ذلك التأثير على تصرف الضوء بعد)).

مكـن اختراع التلغراف من تأسيس مناطق رصـد جوية متعددة ومكن محترفيها من متابعة تبـادل معلوماتهم حول الأرصـاد الجوية وتحسين دقة تنبؤهم بتقلبـات الطقس اليومية. نبغ صاحبنـا في حقـل التنبؤات الجوية وظلـت نشراته محط احترام وتداول مـن قبل العديد الجم مـن محطات الأرصاد في مختلف أنحاء العالم آنـذاك. وكنتيجة لولعه الشديد بالتنبؤات الجوية ومراقبـة الطقس استطاع (بـاي - بالو) من تأكيد ملاحظاتـه وتوقعاته حول حقيقة هبوب الرياح في هولندا متعامدة مع خط الضغط الجوي.

نشـر تلك التوقعات عام (1857) في دورية (كومتس رندس Comptes Rendus) ثم مـا لبـث أن أنهى صياغة قانونه في عام (1863) وتمكن مـن نشره في مجلة الجمعية البريطانية لتقدم العلوم والمسماة (ترانساكشنز Transactions).

غـاب عن علم (بالـو) أن أول من اكتشف قانـون حركة الرياح آنـف الذكر كانا خبيري الأرصاد الأمريكيين [جوزف هنزي كوفن (1806-1873) James Henry Coffin] و [وليم فيريل (1817-1891) William Ferrel]. ومن الجدير بالذكر أيضا أن (فيريل) هـذا كان أول مـن توصل إلى (قانون بـاي - بالو) الخاص بانحراف الريـاح بسبب دوران الأرض ولكن من الإنصاف القـول بأنـه رغم كون (فيريل) أول من فكر بوضع نظرية حول هـذا القانون، إلا أن (باي-بالو) كان أول من أثبـت صحة التطبيق العام له من خلال تجاربه وأبحاثـه ومراقباتـه المستفيضة، ولقد اعترف هـذا الأخير بفضـل الأول وريادته في التقديم للنظرية التي توصل هو إلى صياغتها.

ولعـل أهم استخدامات قانون (باي-بالو) اليوم هـو لتحديد مواقع والتنبؤ بمسار الأعاصير، فعلـى سبيل المثال يمكن لسكان أواسط الولايات المتحـدة الأمريكية التنبؤ بموقع ومسار إعصار ما إذا ما وقف أحدهم مواجها للرياح ونشر ذراعه اليمني قائمة على جنبه. فسيشير حينذاك إلى مركز الإعصار التقريبي. وبإعادة مثل هذه التخمينات سيكـون بإمكانـه تعيين الاتجـاه النسبي

المفترض لمسار ذلك الإعصار واتجاهه. ومما يستحق الذكر في حياة هذا العالم العملية والعلمية هو تميزه بدقة ملاحظاته وقوة استنتاجاته فقد كان أول من أشار إلى خطأ حسابات [رودولف كلوزيس (1822–1888) Rodolf Clausius] وفقا لنظريته الجزيئية الجديدة. وتعود جذور هذه الحادثة إلى حقيقة إجراء الفيزيائي الألماني (كلوزيس) للعديد من التجارب والأبحاث التي مكنته في عام (1857) من نشر نتائجها بخصوص حساب معدلات سرع بعض جزيئات العناصر الغازية مثل الأكسجين والنتروجين والهيدروجين في درجة ذوبان الماء المتجمد (أي درجة الصفر المئوي) والتي ثبتها على أساس 461 م /ثا و492 م/ثا و 1844 م/ثا على التوالي. أما ما رآه (باي – بالو) ولم يره الآخرون فيتلخص ببساطة بانتباهه وإشارته الواضحة للتناقض البين بين نظرية الجزيئات الجديدة تلك والواقع الفعلي، وتساءل ببساطة بأنه لو كان لجزيئات تلك الغازات السرع التي ذكرها (كلوزيس) فعلا، فلم لا نتمكن من شم روائح بعض المواد مثل (النشادر) وكبريتيد الهيدروجين) مباشرة من طرف الغرفة إذا ما فتحنا زجاجة منها عند طرف الغرفة الآخر مثلا؟.

أرغمت ملاحظة (باي – بالو) البسيطة والفذة تلك (كلوزيس) على إعادة حساباته وإجراء تعديلات جذرية على نظريته، من قبيل افتراض كون جزيئات الغازات المذكورة سابقا من الكبر بحيث يحول حجمها دون مواصلة انتشارها بخطوط مستقيمة من المصدر إلى المتلقي لسبب ما.. كأن تكون اصطداماتها المتعددة والمتكررة ببعضها البعض و/أو بجزيئات الهواء المحيط بها هو الأمر الذي يجبرها على تغيير اتجاهاتها لعدد كبيرا جدا من المرات في الثانية الواحدة الامر الذي يوجب تطلبها وقتا طويلا نسبيا لتحركها من نقطة ميكروسكوبية إلى أخرى قريبة منها مقارنة بما كان قد قدر لحسابها من سرع هائلة.

وكحال كافة العظماء والبسطاء وغيرهم من البشر فقد وافت المنية (باي – بالو) وجاء الوقت الذي شرب مترعاً من كأسها ونُشر نعيه حزينا مؤثرا على صفحات مجلة تنبؤات سايمنز الجوية (Symon's Meteorological Magazine).. وقد جاء فيه:

((إليك أيتها السماء الرحيمة – ومن أحب مكان إلى نفسها (مسقط رأسها في اترخت

–(Utrecht) غادرت مساء الأحد الثاني من شهر شباط (فبراير) الروح الطيبة التي أهدت إلى العالم ما يعرف بقانون (باي – بالو)، ذلك القانون المهم الذي ستظل البشرية تتذكره بعد نسيان العديد والعديد من أصدقاء واضعه وأقربائه)).

لقد كان (د. بالو) المدير الأساسي (ولعله كان الموجد الحقيقي) لمرصد معهد التنبؤات الجوية الملكي الهولندي. واعترافا بجميله فقد سميت الجزيرة المكتشفة من قبل البعثة الألمانية للتنبؤ والإرصاد الجوي والواقعة في (70 درجة و 25 دقيقة و 28 ثانية شمالاً) باسمه.

وختاماً لابد لنا أن نذكر بأن (بالو) كان قد نشر العديد من الأبحاث والمقالات في الكيمياء والفيزيـاء ولكنه كان قد نذر الأربعين سنة الأخيرة من عمره للتنبؤات الجوية دراسة وتطويرا وبحثا.

سميت إحدى فوهات القمر والبالغ قطرها (55 كيلومتراً) باسمه وتمت المصادقة على ذلك من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عام (1970).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Burstyn, Harold. "Christoph Buys Ballot." in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

"Buys Ballot Obituary," in *Symons's Meteorological Magazine*, volume 25 (London: Edward Stanford: 1890), p. 8.

Maulik, Dev, and Ivica Zalud, *Doppler Ultrasound in Obstetrics and Gynecology* (New York: Springer, 2005).

Palm, L. C., Albert Van Helden, and Klaas Van Berke, *The History of Science in the Netherlands* (Leiden, The Netherlands: Brill Academic Publishers, 1999).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

– ألم تخطـر على بالك يوماً مجموعة من الأسـئلة المحيرة التي قهـرت جيوش المفكرين منذ ابتداء فجر البشرية وبزوغ شـمس العلم وإلى اليوم، ومنها:... (لم على قوانين الكون الأساسـية أن تنصـاع لتكتب وببساطة كمعادلات؟) و (لم على معظم القوانين ان تكون عامة بتطبيقاتها، شاملة بنتائجها؟) و (لم عليها أن تقيد بعلامة مسـاواة بسـيطة تربط جهتي (معادلة) يكاد لا يمت أحد طرفيها للآخر بصلة؟!) و (لم على

القوانين أن تكون أساسية (ومبسطة)؟ و (لم عليها أن توجد أصلا؟!).

كراهام فرميلو

Graham Formelo، It Must be Beautiful، Great Equations of Modern Science

مقتطف من كتابه (إنهن لفاتنات! لابد من ذلك).

– ما أكثر ما نثرثر وندافع عن أهمية قوانين الطبيعة والكون، وكأنها هي التي تخلق الأحداث وتوجد الأفعال!

والحقيقة هي أنها لم تخلق حدثا ولن توجد فعلا!! فقوانين الكون لا، ولم تتمكن من تحريك كرة بليارد واحدة. نعم... إنها تستطيع تحليل تلك الحركة فقط متى ما أُحدثت، أي متى ما قام أي شيء آخر عداها بفعل تحريك الكرة. أي أنها (مرة أخرى) لا تُحدث الحدث، إنها (تُسقط) إلى الأمام ما نتوقعه من تصرفات تتلو الحدث. وبناء على ذلك أجدني مرغما ألا أُعرِّف المعجزة بأنها الحدث الذي يخرق الطبيعة وقوانينها...!! فإذا ما ضربت غليوني على حافة المنفضة ساكون (أنا) الفاعل الذي حرك الملايين من الجزيئات والذرات عن أماكن استقرارها – وإذا ركزت معي وأطلقت لذهنك عنان التفكير المجرد إلى حدود الكون – سأكون (انا) الذي حرك كل ذرة فيه بطريقة أو بأخرى! وليست القوانين التي ننهج باسمها أو (التي نتعكز عليها)!!.

هناك نقطة البداية الجوهرية لإحداث الحدث... وهذا ما تغفله كافة القوانين عند تفسيرها إياه. والآن إذا ما تصورنا إمكانية المولى (عز وجل) من خلق نطفة بمعجزة وإيداعها رحم عذراء، فلابد للحمل أن يستمر منقادا لكل ما نعرفه من قوانين وحتميات ولا حاجة له بعد خلقه وإيداعه من أن يخرق أي قانون كوني صغر ذلك القانون أم كبر.

سي. اس. لويس

C.S. Lewis، (Miracles) in (The Complete C.S. Lewis Signature Classics)، 2002.

مقتطفة من مقالته (المعجزات) المنشورة في مجموعته الكلاسيكية الكاملة.

– للأمثلة ونماذج المحاكاة الرياضية والفيزيائية أبلغ الأثر لتوضيح وفهم العلوم الميكانيكية على مر العصور، فلقد دأب الفلاسفة منذ القدم وحتى اليوم على الاعتقاد الراسخ بضرورة إقران كافة الحقائق

من حولنا سـواء كانت أجساما أو أجراما أو أحداثا بما يماثلها من نماذج ذهنية ومفاهيم فيزيائية تمكننا من تقديمها بصـورة مفهومة للذهن والإدراك. وعلى هذا الاسـتناد يتوقف فهم أفكارنا وتصـوراتنا لما حولنا من أجسام وأجرام وأحداث... وتفاعلاتها وتحركاتها على ما نبتكره من أمثلة وما نضعه لها من أساليب محاكاة لتفسيرها.

بولتزمان

Ludwing Boltzmann، 1902 Encyclopeedia Britannica.

مقتطف من شرح مدخله في الموسوعة البريطانية.

قانون الخاصية الشعرية لأوتفش

EOTVOS'S LAW OF CAPILLARITY

هنكاريا (المجر) 1866

تعتمد خاصية الشد السطحي لأي سائل على كثافته ودرجة حرارته.

محاور ذوات علاقة:

شارل - اوكستين كولوم(CHARLES-AUGUSTIN COULOMB)، و كوستاف كرشوف (GUSTAV KIRCHHOFF)، و قوانين نيوتن(NEWTON'S LAWS)، و نظرية اينشتين للنسبية العامة (EINSTIEN'S GENERAL THEORY OF RELETIVITY).

من أحداث عام 1866:

- نشر دوستوفسكي (Dostoevsky) رائعته الخالدة (الجريمة و العقاب) في اثني عشر جزءا شهريا.

- اخترع الفريد نوبل (مؤسس الجائزة العالمية المعروفة باسمه) الداينمايت.

- أُكمل و بنجاح مشروع (الكوابل عبر الأطلسي)، الأمر الذي مهد لاتصالات تلغرافية ناجحة بين جانبي المحيط الأطلسي لأول مرة، علما بأن المحاولة الأولى لمد ذلك الكابل كانت قد باءت بالفشل نتيجة لانهيار الطبقات العازلة له بسبب ارتفاع ضغط الماء، الحادث الذي شكك به الكثير من الصحفيين و الذين اعتبروه مجرد خدعة إعلامية.

- أعيدت ولاية تنسي إلى الفيدرالية الأمريكية للمرة الثانية.

- سلم(مانيوليتو Manuelito) آخر زعيم لقبيلة (النافاهو Navaho) الهندية الحمراء نفسه لقلعة (ونكيت Wingate) الأمريكية.

- نحت (ارنست هيكل Ernest Haeckel) ولأول مرة كلمة Ecology التي دخلت إلى كافة المعاجم العلمية و اللغوية و التي تعني علم البيئة.

نص القانون وشرحه:

يضع (قانون اوتفش) للخاصية الشعرية العلاقة بين صفة الشد السطحي لأي سائل ودرجة حرارته ويكتب عمليا كالآتي:

$$\gamma = k(T_0 - T)/\rho^{3/2}$$

حيث تمثل(γ) قوة الشد السطحي لسائل (وتسمى أيضا بثابت الخاصية الشعرية له) والتي تعتمد على درجة حرارته (T) في حين تمثل (To) درجة الحرارة الحرجة للسائل و(ρ) كثافته، أما الثابت (k) فيكاد يتخذ نفس القيمة للعديد من السوائل ومن بينها الماء. ومن الجديد بالذكر أن (To) هي درجة الحرارة التي يتلاشى تماما عندها الشد السطحي للسائل - ويصبح صفراً -.

و(الشد السطحي) مصطلح يطلق على خاصية السوائل الناتجة من عدم توازن قوى الشد الجزيئي على أو قرب سطح ذلك السائل والتي تؤدي إلى تقلصه وتكسبه صفة مماثلة لصفة الأغشية المطاطية المشدودة. بين (اوتفش) علاقة الشد السطحي لأي سائل بحجمه الجزيئي (والذي يعني الحجم المحدد الذي يشغله وزن معياري واحد من ذلك السائل) ويساوي رياضيا حاصل قسمة الوزن الجزيئي له على كثافته.

وبملاحظة المعادلة التالية:

$$(\gamma_1 v_1 - \gamma_2 v_2)^{2/3}/(t_1 - t_2) = k$$

والتي تلخص قانون اوتفش حيث (γ_1) و (γ_2) تمثلان الشد السطحي لسائل عند درجتي حرارة (t_1) و (t_2) حيث يتغير حجمه الجزيئي على التوالي من (v_1) إلى(v_2). ندرك أنه بإمكاننا اعتبار الشد السطحي للسائل كقوة سطحية جزيئية تتغير بتغيير درجة حرارة ذلك السائل بغض النظر عن طبيعته. ولقانون (اوتفش) هذا أهمية بالغة لدى الكيميائيين حيث يستطيعون بواسطته تحديد الوزن الجزيئي للسائل المعني، كما بإمكانه ربط كل من الحجم الجزيئي (v) والوزن الجزيئي(μ) وكثافة (ρ) أي سائل رياضيا بواسطة المعادلة البسيطة التالية:

$$v=\mu/\rho$$

اجتهد (اوتفش) أيما اجتهاد في سبيل تحقيق أكبر دقة ممكنه لتجاربه حتى أنه استخدم الأواني والأنابيب الزجاجية المختومة بإذابة فوهاتها كي يضمن استبعاد أي شائبة قد تؤثر على دقة نتائجه، كما أنه لم يعتمد على النظر إنما استخدم خير الأجهزة البصرية المتوفرة في ذلك الزمان لضمان دقة الملاحظة وقياس الشد السطحي ولم يعتمد على الرؤيا العينية. وفرت تلك الأجهزة البصرية الفرصة له لقياس الانعكاس الضوئي بدقة متناهية الأمر الذي مكنه من تشخيص ووصف الخصائص الهندسية الموضعية لسطوح السوائل التي درسها، وقد تفتقت عبقريته عن طريقه لتفادي التأثير الناتج على صفات سطوح السوائل بتغير الزمن ودرجة الحرارة وذلك باحتواء سوائله في داخل أنابيب زجاجية مختومة بطبقتين ومعزولة حراريا وبذلك أثبت اقتصار اعتماد قوة الشد السطحية الجزيئية على درجة الحرارة فقط.

تلعب الخاصية الشعرية وخاصة الشد السطحي دورا فعالا بينا في العديد من الظواهر الطبيعية، فمثلا يمكن بواسطتها تفسير قابلية(حشرات الناموس) على المشي على أسطح البرك المائية والتي تشكل الجزيئات المتواجدة على سطحها طبقة متماسكة بنتيجة فعل القوة الجزيئية بينها، أما وحدة قياس الشد السطحي فهي [(N/m) نيوتن على المتر] وتقابل وحدة القياس [بالجول للمتر المربع (J/m^2)] وفي استخدام (الجول) في القياس تذكرة لنا بأن هذه الصفة ما هي إلا طاقة (بدلالة وحدة قياس الطاقة وهي الجول) كما تمثل قوة (بدلالة وحدة قياس القوة وهي النيوتن).

للفضوليين فقط:

- هل علمت أن في نثر رذاذ الماء على سطح حوض الغطس في المنطقة المتوقعة، تقليلاً لشدها السطحي الأمر الذي يلطف من شدة ارتطام راس السباح بها؟
- سميت إحدى قمم جبال (دولوميتس Dolomites) الواقعة شمال شرق إيطاليا باسمه

تخليدا لمهارته وشهرته في تسلق الجبال.

• سميت باسمه (وحدة الاوتفش- eotvos) (E) وتعني حاصل قسمة التعجيل على المسافة، وهي الوحدة المستعملة للتعبير عن تغير مجال الجاذبية الأرضية من نقطة جبلية إلى أخرى والتي قد تصل إلى (1000) وحدة كفرق بين الجاذبية على قمتين.

أقوال مأثورة:

- لا ريب في تفوق الشعراء على العلماء في قدرتهم على ولوج أعماق المجهول.

اوتفش

Lorand Eotvos، quoted in P. Kira'ly 'Eotvos and STEP.

مقتطف من كتابه حسب ما جاء في كتاب (كيرالي).

- يمكن للعالم التحليق عاليا في عالم الخيال تماما كالشاعر، ولكنه وحده الذي يعرف حدود تحليقه وبإمكانه جعلها واقعاً.

اوتفش - المصدر السابق

- علمت آلاتي وأعلمتني بمدى امتداد بلدي تحت السطح المتجلد لبحيرة (بلاتون Balaton) فازددت فرحا وسعادة. لم ولن أرى ذلك الامتداد بأم عيني ولكن يقين شعوري بذلك اعتصر قلبي حزنا حين آن أوان الربيع وشارف الجليد على الرحيل.

- مقتطفات مما شعر به (اوتفش) خلال قيامه بقياسات الجاذبية بواسطة قبان العزوم على طبقة بحيرة بلاتون الجليدية خلال عامي (1901 و1903).

- اوتفش - المصدر السابق.

مختصر لسيرة حياة المكتشف:

[ليونارد اوتفش (1848-1919) Lornd Eotvos] فيزيائي مجري ولد في مدينة بودابست (Budapest) في هنكاريا، واشتهر بدراساته لظاهرة الشد السطحي في

السوائـل وأبحاثه عـن حقول الجاذبية الأرضية. اسمه الكامل(فـازاروز ناميني بارو اوتفش لوراند) (Vasarosnamenyi Baro Eotvos Lorand) واشتهر بعدة أسماء وألقاب منهـا (رولانـد – Roland) و (البارون فون اوتفتـش – Baron von Eotvos) وهي الصيغـة الألمانية للاسم الهنـكاري و(لوراند اوتفوس – Lorand Eotvos) أو (رولاند اوتفش – Roland Eotvos). [تختلـف كتابة اللقب بوجود نقطتين على حرفي الـ(o) حسب اللغة الهنكارية وتلفظ الـ(s) – (sh)].

اشتهر والده كأحد رواد الكتابة والفلسفة السياسية في القرن التاسع عشر.

انضم (اوتفش) إلى جامعـة (بودابست) كطالب حقوق ولكن سرعان ما خلبت مواضيع الرياضيـات والفيزيـاء لبه فعكف على دراستهما على نفقته الخاصـة إضافة إلى استمراره في دروسه المنهجية في القانون.

اكتشف وفي وقت مبكر ميله وولعه الشديد وانجذابه للعلوم الأمر الذي قاده إلى ترك دراسة الحقـوق والالتحـاق من جديد بجامعة هيدلـبرك (Heidlberg) ابتداء مـن عام(1867) حتـى حصل منها علـى شهادته في الدكتوراه في العلوم عـام(1870). ناقش في أطروحاته المبكـرة المنشورة تصرف شدة الضياء من مصادر متحركـة وكان هذا الكيان النظري المتقدم والجهد الفكري المميز هو حجر الأساس لما أثمر لاحقا عما سمّي (بالنظرية النسبية) على يد (اينشتين). عاد (اوتفش) إلى المجر في عام (1871) بعد حصوله على الدكتوراه وسرعان ما حصـل على كرسي الأستاذية الكاملة في جامعة بودابست ثم تزوج في عام(1876) ورزق بابنتـين صارتا رفيقتـي رحلاته وسلوته في ممارسـة هوايته المفضلة، وعلـى الأخص رياضته المحببة في تسلق الجبال حتى صار من أشهر المتسلقين في أوربا.

تركزت أبحـاث (اوتفش) وتجاربه خلال تواجده في جامعـة (كونكزبرك Konigsberg) على دراسة ظاهرة الشد السطحي الأمر الذي مكنه من نشر العديد من البحوث حول الموضوع ما بين عامي(1876) و (1886)، أما بعد ذلك فقد ركز أبحاثه على دراسة طبيعة الجاذبية الأرضية وتمكن من نشـر أبحاثه في عام (1890) حول حقيقة قوى التجاذب بين الكتل باستخدام (قبان

العـزوم). ومن الجدير بالذكر أن اختراع ذلك الجهاز كان قد سبق نشر أعماله تلك، فمن المعلوم أنــه كان قــد تم اختراع (قبان العزوم) من قبل عدد من العلماء في أوقات متقاربة وفي بقاع مختلفة مــن أمثال (جون ميشيل– John Michell) و[هــنري كافنديش – Henry Cavandich 1731–1810] و[شــارل اوكستين دوكولوم – Charles–Augustin de Coulomb 1736–1806]. ولكــن أهم ما ميز جهــازه رغم شَبهه بأجهزة سابقيه فكان الدقة في القياس والشدة في الحساسية. صــار قبان (اوتفش) واحدا من أفضل الأجهزة المستخدمة لقياس حقول الجاذبية الأرضية القريبة من السطح وللتنبؤ بوجود بعض التجمعات المائية والنفطية تحتها. وعلى رغــم حقيقة اهتمــام (اوتفش) أساسا بالأبحــاث والنظريات إلا أن الواقــع أثبت صلاحية قبانه ونجاحه نجاحا باهرا فصارت له أهمية عملية استثنائية في اكتشاف حقول النفط والغاز.

لقــد ذكر (اندرو ل. سايمــن– Andrew L. Simon) مؤلف كتــاب (صنع في المجر) تفاصيل حياة (اوتفش) الجامعية قائلاً:

> **((سرعان ما حاز (اوتفش) وبعد إكمال دراسته في جامعة (هايدلبرك) على يد أساتذة عظام من أمثال البروفسور [كوستاف كرشهوف (1824-1887) Gustav Kirchhoff)]، و[روبـرت بنسـن (1811-1890) Robert Bunsen)]، و[هرمـن فـون هلمهولتز (1821-1894) Hermann Von Helmholfz] مركز الصـدارة كأفضـل عالم مجري في مجال الفيزياء النظرية والتجريبية. وصـار قبان عزومه الجهاز الأسـاس في اكتشـاف حقـول بتـرول تكســاس وفنزويـلا وحقول بترول زالا (Zala) في المجر. إضـافة إلى العديد من الأماكن الأخرى. وقد عمل بإخلاص على قيادة النهضة العلمية الحقيقية في بلاده حتى تميز أبناء وطنه في كافة الدراسات المتعلقة بالجاذبية والمغناطيسية الأرضية وعلوم الزلازل والهزات الأرضية)).**

تعتــبر دراسات (اوتفش) وقياساته الرائــدة في إثبـات حقيقـــة كون الكتلـة لأي جرم أو مــادة (m) والتي تستعمــل لحسـاب قوى الجذب في [قانون نيوتــن للجذب العام – ($F = Gm1m2/r^2$) هي ذات الكتلة (m) التي تدخل كثابت عند تناسب القوة طرديا مع التعجيل

في [قانــون نيوتن الثــاني – (F = ma)] وقد قام بقياسهما وإثبات تطابقهما بدقة بلغت [5 في البليــون أي (5 مقسومة على 10 مرفوعة للأس التاســع)]. وبعبارة أخرى كان (اوتفش) السبــاق في إثبــات مساواة (كتلة القصور الذاتي) وبها يقاس مــدى ممانعة أي جسم للتعجيل الــذي تفرضــه القوة المسلطة عليه مع (كتلــة جذبه) وهي القيمة التي تحــدد وزنه بدقة عالية. ولقد برزت أهمية المعلومة السابقة حينما استخدمها (اينشتين) في صياغة نظريته في (النسبية العامة)، وعزا فضل اكتشافها إلى (اوتفش) في ورقته الشهيرة المنشورة في عام (1916) بعنوان – أسس النظرية النسبية العامة – والتي افترض (اينشتين) فيها أن ما نسميه (الجاذبية) ما هي إلا حقيقة ناتجه عن انحناء الفضاء نتيجة لتأثير الكتلة الموجودة فيه. ومن الأفكار الأخرى للنظرية النسبية العامة برز مفهوم (مبدأ المساواة) ويعني أن قوة الجاذبية التي تسلطها أي كتلة في اتجاه ما تساوى عين القوة التي يفرضها التعجيل عليها ولكن بعكس الاتجاه.

ومن الجديــر بالذكر أن العديد من تنبؤات (النظرية النسبية) كانحناء ضوء النجوم الواصل إلى الأرضــ والزيــغ الضئيل في مدار كوكب عطارد وغير ذلك مــن الظواهر قد تم إثباتها في الوقت الحاضر تجريبيا.

لعلــك تذكر قصة (قبان العزوم الذي كان قــد تم اختراعه من قبل عدد من العلماء كل على حــدة، إلا أن الجهاز الذي صنعه (اوتفش) امتاز بحساسية قياس عالية جدا إلى درجة اعتباره الجهاز الأول في قياسات (تدرج الجاذبية) وهو التعبير الذي يطلق على تغيير صفات الجذب في مناطق متجاورة. فعلى سبيل المثال تضمنت قياسات (اوتفش) المبكرة نتائج أدت إلى وضع خارطــة (المشتقات الثانية – The Second Derivatives) لتغيرات الجذب المحتملة في مختلف الأماكن في مكتبه وفي البناية التي يقع فيها، وكان لابد لكتل مختلف الأجسام الموجودة من التأثير على قياساته وعلى القيم التي توصل إليها.

وبالعــودة إلى (قبان عزوم اوتفشــ) الحساس فقد أمكن استخدامــه لدراسة التغيرات في الجاذبيــة الناتجة عن الحركة البطيئة لمكامن السوائــل والكتل الجسيمة، فيُنسب إلى بيتر كرلي ((Peter Kiraly)) عضــو معهد أبحاث الفيزياء الذرية قولــه بإمكانية قياس تغير مناسيب

نهـر الدانوب (Danube) بدقة كبيرة ومن على بعـد (100 متر) منه، إلا أن أحداً لم يوثق تلك النتائج.

امتاز (أوتفش) بتعدد مواهبه واهتماماته فكان قد عكف على دراسة العديد من المواضيع مثـل الحيودات المغناطيسية وشكل الأرض واختبـار الخصائص الجيومغناطيسية على نماذج حجرية بالغـة القدم إضافة إلى دراسته لتغييرات التعجيل الأرضي الناتجة عن حركة الأجرام نسبـة إلى حركة الأرض. أما هواياته فقـد تصدرتها هواية تسلق الجبال والتصوير، واحتفظ بلياقته البدنية العالية حتى قبيل وفاته، فقد تمكن وقد ناهز الثامنة والستين من عمره من تسلق العديد من قمم جبال (الترا Tetra) والتي تقع على الحدود البولندية – السلافية اليوم.

أنشأ في عام (1885) وبمشاركة بعض من زملائه – الجمعية المجرية للرياضيات – واستمر نشاطـه الذهنـي والبدني متقـداً إلى مراحل متأخرة مـن عمره. فقد ظـل يحاضر في جامعة (بودابست) حتى عام وفاته في ،(1886) تلك الجامعة التي أصبح اسمها بعد عام (1950) جامعة (اوتفش لوراند) اعترافا بمجهوداته العلمية وتخليدا لذكراه.

لقد سجل كاتب سيرته الذاتية (ل. مارتن – L. Martin) الحس القومي لاوتفش وتأثيره البـين والخالد على عمـوم المسيرة التعليمية في المجـر في مدخله البارز مـن الكتاب الشهير (معجم سير العلماء الذاتية) والذي جاء فيه:

> **((أدرك اوتفش أهمية التعليم الجامعي كما أدرك أن نتائجه لابد وأن تعتمد على التعليم الثانوي الذي يسـبقه، فعمل بكل طاقاته وبكامل إخلاصـه على تنقية وتطوير التعليم الثانـوي والجامعـي في بلاده. ومن المنطق والطبيعي إرجاع فضـل ظهـور العديد الجم مـن نوابغ العلوم الهنكاريين خلال القرن العشريـن إلى جهوده المتميزة وبعد أفق نظره وتفكيره سالف الذكر. وتكتسب هذه النقطة أهمية خاصة إذا ما علمنا توجهه وحرصه على عدم تداخل ولعه وانشـغاله بالبحـوث العلمية مع ضرورة التفاتـه إلى العديد من النقاط الجوهرية التي تمس تطور التعليم،والتربية وتلك التي تؤثر على مسـتقبل الوطن ومصير أبنائه)).**

وأخيرا سمّيت إحدى فوهات القمر بقطر (99 كيلومترا) باسمه الأمر الذي تمت المصادقة عليه من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عام (1970).

مصادر إضافية وقرارات اخرى:

Király, P., "Eötvös and STEP," poster presented at the Satellite Test of the Equivalence Principle Symposium, Pisa, Italy, April 6-8, 1993. Published, without figures, in *Proceedings* (ESA WPP-115), R. Reinhard, editor (Noordwijk, The Netherlands: ESTEC, July 1996), pp. 399–406; see www.mek.iif.hu/porta/szint/tarsad/tudtan/eotvos/html/stepeikk.html or www.kfki.hu/eotvos/stepeikk.html.

Marton, L. "Roland Eötvös," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Simon, Andrew L., *Made in Hungary: Hungarian Contributions to Universal Culture* (Safety Harbor, Fla.: Simon Publications, 1998).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

– لا تنطبق صفة الإنسانية الكاملة على من لا يدرك ولا يفهم مغزى الرياضيات في الحياة... نعم ستتمكن تلك الفئة من ارتداء أحذيتها وشراء ملابسها الأنيقة وستعتني بنظافتها الشخصية ولكن هناك أكثر من ذلك لاستحقاقها تلك الصفة.

هينلين

Robert A. Heinlein. Time Enough for Love.

مقتطف من كتابه (هناك دائماً متسع من الوقت للحب).

– تأخر مفهوم (علمنة) القوانين الطبيعية في بريطانيا عنه في القارة الأوروبية. فلقد استطاع لابلاس (Laplace) قرب نهاية القرن الثامن عشر وبُعيد الثورة الفرنسية الإعلان عن استعداده للتخلي عن إيمانه بضرورة الحاجة (لنظرية الوجود الإلهي)، وحاول الفيلسوف الألماني كانت (Kant) إنزال قدسية وكونية (قوانين نيوتن) من ضرورة وجود الإله أو سيطرة الطبيعة إلى واقعية تبجيل حسن المنطق ونضج الإدراك البشري. أما في بريطانيا فلقد استمر رسوخ مفهوم الجدل المحتدم بين إرادة الكنيسة المتمثلة بالدين ومناقضتها للقوانين الطبيعية وبين العلوم المنسوبة غالبا للإرادة الشيطانية حتى الربع الثالث من

القرن التاسع عشر. كان لزاما على داروين (Darwin) وثورته الطبيعية في قانون الانتقاء وأصل الأنواع من الظهور كي يتم الإقرار بفصل قوانين الطبيعة عن التفسير الإلهي.

كير

Ronald N. Giere، Science Without Laws.

مقتطف من كتابه (العلم بلا قوانين).

- لقد آن الأوان للإدراك والإيمان الكامل باستحالة التوصل إلى أي نظرية موضوعية تحتوي الحقيقة كاملة من كافة زواياها وتجسد ما يحدث (بالضبط) في الطبيعة. لقد اقتصرت كافة نظرياتنا الموضوعة على تكوين صور ذهنية تعكس كمية مقبولة من تلك الحقيقة أو جانبا معينا منها كما تعكس أي علامة أو رسم المفهوم الأصلي المراد التعبير عنه. نستطيع الآن تحرير أذهاننا من عبودية الضرورة الملحة لاستنباط (النظريات الكاملة) وسنكتفي برسم الهيئة الذهنية لما نفهمه منها بأبسط وأوضح صورة ممكنة، ولإدراك سمو ومصداقية هذا التصور لنا أن نتخيل حلاوة تفسير ظاهرة معينة بمجموعتين أو أكثر من النظريات، كل منها تنظر إلى الحقيقة من زاوية أو مجموعة من الزوايا كلها تمتاز بالبساطة والوضوح والمصداقية رغم اختلافها، عند ذاك سنتمكن من جمع ما نشاء منها واضعين الكمال كنقطة لا نهائية لا طائل ولا جدوى لنا في بلوغها.

بولتزمان

Ludwig Boltzmenn، (On the Developwent of Methods
of Theoretical Physics in Recent Times).

مقتطف من كتابه (في سبيل تطوير طرق وأساليب الفيزياء النظرية، الحديثة).

قانونا كولروش للتوصيل الكهربائي

KOHLRAUSCH'S LAWS OF CONDUCTIVITY

ألمانيا في عامي 1874 **و** 1875:

في محاليلها المخففة ؛ يتناسب توصيل الكهربائية المعياري للمواد شديدة التأين مع مربع تراكيزها.

يعتمد توصيل الكهربائية لمحلول حاوٍ على أي مادة متأينة على حاصل جمع قابلية توصيل كافة أيوناتها.

محاور ذوات علاقة:

قانون اوستوالد للتخفيف (OSTWALD'S DILUTION LAW)، وقانون التحلل لارينيوس (ARRHENIUS'S LAW OF DISSOCIATION)، وقانون كهربائية أوم (OHM'S LAW OF ELECTRICITY).

من أحداث عام: 1874:

– اكتُشف ولأول مرة مفعول الفلوريدات المقوي لميناء الأسنان والمانع لظاهرة نخرها.

– ولد في هذا العام كل من ونستون تشرشل(Winston Churchill) رئيس وزراء بريطانيا خلال الحرب العالمية الثانية، والساحر الهنكاري الشهير هاري هوديني (Harry Houdini).

– أسست جمعية الشباب اليهودي في منهاتن ولاتزال موجودة إلى اليوم تحت اسم (شباب الشارع الثاني والتسعين).

– فتحت أول حديقة رسمية شعبية للحيوان في ولاية فيلادلفيا الأمريكية أبوابها للعموم.

– حضّر الكيميائي الألماني أوذمر زدلر (Othmer Zeidler) ولأول مرة مادة الدي. دي. تي (DDT)، إلا أنه لم يتمكن من تحديد خواصها القاتلة للحشرات حيث اضطر العالم إلى الانتظار حتى عام (1939) حين تمكن عالم الحشرات السويسري بول مولر (Paul Mueller) من اكتشاف ذلك.

مقدمـــــة:

اهتم (فردريـخ كولروش – Friedrich Kohlrausch) بدراسة وفهم طبيعة توصيل المحاليـل للكهربائية، والتي كانـت محفوفة بالصعوبات بالنظر لسرعـة ترسب أيونات تلك المحاليـل على أقطابها عنـد استعمال التيـار الكهربائي المستمر مما يجعلهـا عازلة وعاجزة عـن إيصال فرق الجهـد اللازم للمحاليل المغمورة فيها. بـرزت نباهة (كولروش) في تلافي الإشكاليـة السابقـة عنـد محاولته استعمـال التيار المتردد بـدل المستمـر في تجاربه، وبذلك استطـاع في أوائل عام (1870) من اكتشاف العلاقة التي تنص على زيادة توصيل المحاليل للكهربائية عنـد ارتفاع درجة حرارتها، وواصل أبحاثه وتجاربه حتى توصل (ولأول مرة) إلى اكتشـاف جملة مـن الحقائق التي تعتبر من المسلمات في الوقت الحاضر مثل حقيقة عدم تأثـر أو تأثير أي أيون موجود في محلول مخفف على أي من الأيونات الأخرى الموجودة معه فيـه، وأن جزيئـات الماء هي العامل الوحيـد الذي يؤثر على تحرك الأيونـات تجاه الأقطاب المغايـرة لها بالشحنـة، كما أنه تمكن من الاستنتاج بأن لكل أيـون معين (موجود في محلوله المخفـف) خاصية ممانعة كهربائية تخصه وحـده (ولا يشاركه فيها غيره) مهما كان مصدر ذلك الأيون (من مركبات)، كما استنتج إمكانية تطبيق العديد من المفاهيم الكهربائية ؛ مثل (قانـون اوم) الخاص بمقاومة الدوائر الكهربائية لفهم صفـات توصيل المحاليل المتأينة على اختلاف أنواعها.

قبـل التطرق إلى شرح وبيان الصيغة الرياضيـة لقانوني (كولروش) دعني أوضح لك أهمية مفهـوم المقاومة الكهربائية وضرورتها لدراسة حركة الأيونات في المحاليل، فمثلا بالإمكان فهـم العلاقة الطردية لمقاومة مادة ما (R) مع طولهـا (I)، وعكسيا مع مساحتها (A). كما بإمكاننا تعريف ظاهرة [التوصيل (Conductivity (k)] رياضياً بكونها مساوية لمقلوب ظاهرة [المقاومة (Resistivity (RA)]، هكذا:

$$\kappa - 1/(RA)$$

والتوصيل (K) هو عكس الممانعة (r) ولهذا تكتب الممانعة رياضيا كمقلوب للتوصيل.

أما Λ_m فتعنى التوصيل المعياري وتكتب رياضيا:

$$\Lambda_m = K/C$$

حيث تمثل (c) التركيز المعياري للمادة المتأينة الموجودة في المحلول.

بعد هذه المقدمة القصيرة: يمكننا اليوم صياغة ما توصل إليه (كولرش) بقانونين مهمين هما قانون الجذر التربيعي (1874) وقانون استقلالية الأيونات المتحركة (1875).

نص القانونين وشرحهما:

1 ـ قانون الجذر التربيعي

KOHLRAUSCH SQUARE ROOT LAW (1874):

$$\Lambda_m = \Lambda_m^{\circ} - Kc^{1/2}$$

وينص على **اعتماد قابلية توصيل أي محلول أيوني على عدد الأيونات الحرة الموجودة فيه**، وعليه فإن قيمة التوصيل المعيـاري للمواد شديـدة التأين تتناسب مع الجـذر التربيعي لتراكيزها ويسمى الحد بنهايـة قابلية التوصيل المعيـاري ؛ ويعرّف بأنه مقدار قيمة التوصيل المعياري (لمحلول أيوني خيالي) عند احتوائه على (صفر) من الأيونـات. ويمكن الاستنتـاج أنه وفي مثل هذه التراكيز المتناهية في الضآلة، لابد وأن تفقد الأيونات (لأنها غـير موجودة أصلا) صفـة ممانعتها الواحد للآخر. أما (K) فثابتٌ يعتمدُ غالبـاً على نسب الأيونات التي تكون المادة المتأينة إحداهما إلى الأخرى، ومثال ذلك تكون النسبة لمادة حامض الكبريتيك وتساوي

$$\frac{2[H^+]}{1[SO_4]^{-2}} = \frac{2}{1}$$

وتوصف المادة المتأينة بالقوية إذا امتازت بكمال تأينها في محاليلها. مثال: يعتبر حامض النتريك (HNO_3) مادة شديدة التأين لأنه يتحلل بصورة كاملة في محاليله المائية وفق المعادلة التالية:

$$HNO_3 \rightarrow H^{+1} + NO_3^{-1}$$

2 ـ قانـــون استقلاليــة الأيونـــات المتحركـــة (1875)

KOHLRAUSCH'S LAW ON THE INDEPENDENCE OF MIGRATING IONS:

وينص على **أن التوصيل المعياري لأي محلول مخفف يساوي حاصل جمع أيوناته** (السالبة منها: وهي عبارة عن ذرة أو مجموعة ذرات ذوات شحنة سالبة). و (الموجبة: وهي عبارة عن ذره أو مجموعة ذرات ذوات شحنة موجبة). تتصرف كلا الأيونات السالبة والموجبة بصورة مستقلة في محاليلها المخففة، فلو فرضنا أن التوصيل المعياري للأيونات الموجبة هو $\lambda+$ وللسالبة هو $\lambda-$ فسنحصل على

$$\Lambda_m^{\circ} = \nu_+\lambda_- + \nu_-\lambda_-.$$

حيث V+ و V− تمثلان عدد الأيونات أو (الجذور) الموجبة والسالبة على التوالي.بموجب وحدة القانون الجزيئي للمركب. فعلى سبيل المثال في مركب ($BaCl_2$) سيكون [1 = V +] و [2 = V −].

ولعل قانون (كولروش) لا يستحق صفة الكمال لأنه لا يصدق على تصرف المحاليل شديدة التركيز، ولكنه قد يكون أفضل ما يمثل قابلية مختلف المحاليل المخففة على توصيل الكهربائية. فعلى سبيل المثال توجد قوانين أخرى أقل شهرة منه مثل [قانون التخفيف لازوالد (1888) Ostwald's Dilution Law] ويكتب رياضيا:

$$\frac{1}{\Lambda_m} = \frac{1}{\Lambda_m^{\circ}} + \frac{\Lambda_m c}{K_a \left(\Lambda_m^{\circ}\right)^2}.$$

حيث يمثل (c) مقدار تركيز المذاب و(K_a) ثابت توازن تحلل المذاب. وكان الكيميائي الألماني [فلهلم اوستوالد (1853–1932) Wilhelm Ostwald] أول من وضع هذا القانون الذي يمثل العلاقة بين قابلية التوصيل الكهربائي المعياري والتركيز، ويطبق على المحاليل ضعيفة التأين أي التي لا تتأين بشكل كامل في محاليلها كالأحماض والقواعد الضعيفة. ففي مثل هذه المحاليل تعتمد قابلية التوصيل الكهربائي على عدد الأيونات حرة الحركة في المحلول والتي تعتمد بدورها على درجة تأين تلك المواد. وكمثال عملي على

إيجــاد حد التوصيل الكهربائي المعيــاري لأي محلول، نقوم برسم كل من قيمة ($^1/\Lambda_m$) على الإحداثي الصادي، وقيمة ($^c/\Lambda_m$) على الإحداثي السيني، على محور الصادات و على محور السينـات حيث ستكون نقطـة التقاطـع $c = 0$ هي مساوية لقيمة ($^1/\Lambda_m^\infty$) وهي حد التوصيل الكهربائي المعياري لذلك المحلول.

ويمكنك أن تأخذ حامض الخليك ($HC_2H_3O_2$) كمثال على الحوامض الضعيفة و الذي سيتحلل جزئيا في المحلول المائي إلى مكوناته وفق المعادلة التالية:

$$HC_2H_3O_2 \leftrightarrow H^{+1} + C_2H_3O_2^{-1}$$

كما يوجد (قانون ارينيوس للتحلل الأيوني – Arrhenius's Law of Dissociation) والذي سمي على اســم اختصاصي الكيمياء الفيزيائية السويدي [سفنت اوكست ارينيوس (1859–1927) Svante August Arrhenius] والــذي اكتشفــه وطــوره حوالـي عامــي (1883–1887) والذي يمكن بواسطته حساب قيمــة ثابت تحلل مادة ما من خلال معرفــة درجة تحللها. ينص هذا القانــون على إمكانية حساب درجة تحلل المــواد المتأينة (a) (والتي بطبيعتها قابلة للذوبان في الماء) بواسطة المعادلة التالية:

$$a= \Lambda_m / \Lambda_m^\infty$$

حيث يمثل (a) درجة تحلل مادة ما و (Λ_m)مقدار التوصيل المعياري الكهربائي لتركيز معين منها و(Λ_m^∞) توصيلها المعياري الكهربائي في حالة تخفيفها اللانهائي. وهنا لابد من الإشارة إلى أن صحــة هذه العلاقة تصدق فقط عند محدودية التفاعل الأيوني (كيميائياً) ما بين مختلف الأيونات المكونة للمادة المتحللة.

للفضوليين فقط:

• ضمــت عائلــة (كولروشـر) ثلاثة مــن عمالقة علم الفيزيــاء، هــم الأب (رودولف – Rudolph) وولديــه (فلهلم فردريــك – Wilhelm Friedrich) و (فردريك فلهلم

(Friedrich Wilhelm-)، لمع اسم الأخير وتبوأ منزلة الصدارة من بين أفراد عائلته في (معجم سير العلماء الذاتية)، حيث اكتشف ونشر في عام (1847) إحدى أهم (دوال المرونة - Relaxation Function)[1] المستعملة ضمن معادلات دراسة وفحص الزيوت المعدنية وقابليتها على تقليل الأثر الضار للاحتكاك بين أجزاء المكائن وآلات الميكانيكية المتحركة إضافة إلى ضرورتها في دراسة ديناميكية المحاليل اللزجة والمواد الزجاجية. سميت تلك الدالة باسم (دالة كولروش) و يعبر عنها رياضيا:

$$F_s(t) = f \exp[-(t/\tau r)^{\beta}]$$

حيث β تمثل مقدار التمدد و f عامل القياس، بحيث

$$0 < \beta \leq 1$$

أما τr فيمثل حيز الزمن الذي تستغرقه العملية.

أقوال مأثورة:

- قد يستدعي اكتشاف (كولروش) وقانونه شيئاً من العجب حين ينص على حقيقة كون المحاليل الأقل تركيزا هي الأشد توصيلا للكهربائية. ولكن هذه الحقيقة لا يمكن تطبيقها فعلياً (وعليه لا يصح استخدام هذا القانون) إلا ضمن حيز ضيق من التراكيز المخففة لسبب بسيط هو أنه بزيادة تخفيف أي محلول الكتروليتي (أي ذلك الحاوي على مواد و/أو أملاح قابلة للأين) موصل للكهربائية ستقل أعداد الأيونات الناقلة فيه وبالتالي انعدامها وفي النهاية لن يكون هناك أي أيونات لنقل التيار الكهربائي خلاله أصلا. وهذا هو تفسير حقيقة كون الماء النقي (100%) غير موصل للكهربائية.

كريس

Rober E. Krebs، (Kohlrausch's Law، Scientific Laws، Principles، and Theories.

مقتطف من كتابه القيِّم (قانون كولروش، القوانين والمبادئ والنظريات العلمية).

---

(1) المرونة في الفيزياء تعني مقدار قابلية أي نظام يمكن دراسته (كقطعة حديد بحالتها الطبيعية أو تحت شد) لاستعادة حالته المستقرة. وعادة ما يرافقه عامل (زمن المرونة) وعليه يمكن اعتباره كدالة أُسية للزمن. (المترجم).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد الفيزيائي الألماني [فردريك فلهلم كولروش – Friedrich Wilhelm Kohlrausch 1840–1910] في مدينة رنتلن (Rinteln) الألمانية واشتهر بأعماله الفذة التي ساعدت على فهمنا لخواص المحاليل الموصلة للكهربائية. درّس والده [رودولف كولروش – Rudolph Kohlrausch 1809–1858] الرياضيات والفيزياء وصاحب العديد من مشاهير عصره أمثال [فلهلم ويبر (1804–1891) Wilhelm Weber] العالم الألماني الشهير صاحب الإنجازات الكثيرة والذي وضع العديد من النظم المنطقية لوحدات قياس الكهربائية. كما عاصر العالم [كارل فردريك كاوس (1777–1885) Carl Friedrich Gauss] الشهير بدراساته حول المغناطيسية الأرضية.

لقد كان للوالد (رودولف) – وهذا ما يجدر الإشارة إليه – مشاركات مهمة مع العالم (كاوس) في اكتشافاته للعلاقات بين الكهربائية المستقرة والظاهرة الكهرومغناطيسية والعلاقة بين وحدات قياسهما كما شاركه أيضا في دراساته لحساب سرعة الضوء.

دخل (فردريك فلهلم كولروش) – وهو العالم المعني في موضوعنا هذا والذي سيطلق فيما سيلي عليه اسم (كولروش) فقط – جامعة كونتكين (Gottingen) ودرس فيها على يد صديق والده (ويبر) وحصل منها على شهادة الدكتوراه في عام (1863)، وعُين فيها أستاذا متمرسا للفترة من (1866–1870)، كما تعاون مع أخيه (فلهلم فردريك) في دراسة الصفات الكهروكيميائية لعنصر الفضة، ولعلك – هنا – تستطيع توقع الالتباس الذي كان لابد أن يقع فيه بعض المورخين في تحديد أعمال، أو وصف مشاركات كل من أقطاب عائلة (كولروش) الثلاثة بالنظر لتشابه أسمائهم وتقارب مشاركاتهم في اختصاصات متماثلة.

أصدر (فردريك فلهلم "كولروش") – حينما كان مدرسا في الجامعة – كتابه الشهير تحت عنوان (المرشد في الفيزياء العملية) والذي شمل العديد من التجارب وتقنيات القياس التي كان لها أجل الأثر والتأثير على الطلاب الألمان لما تلا من السنين الأمر الذي انعكس إيجابا

على نهضة الأمة الألمانية وحيازتها موقع الصدارة بين الأمم خلال القرنين الثامن والتاسع عشر.

ترك (كولروش) في عام (1870) منصبه كأستاذ متمرس في جامعة (كوتنكن) التي تخرج منها والتحق كأستاذ بمعهد البوليتكنيك في زيورخ (Zurich)، ثم ما لبث أن تركه إلى جامعة دارمستاد (Darmstadt) التقنية في العام الموالي، وفي منصبه الجديد هذا استطاع بمعية صديقه (اوتوكروترين – Otto Grotrian) من إثبات حقيقة زيادة قابلية توصيل المحاليل للكهربائية بزيادة درجات حرارتها، كما استطاع في عام (1874) من إثبات حقيقة وجود مقدار ثابت من المقاومة المحسوسة للكهربائية في كل محلول موصل لها، ثم استطاع أن يحسب سرعة إزاحة الأيونات بدراسة علاقة جودة التوصيل وزيادته بزيادة درجة تخفيف المحاليل الموصلة للكهربائية.

أدرك (كولروش) – ومنذ وقت مبكر – أن أفضل طريقة لمقارنة قابلية توصيل الكهربائية لمختلف المحاليل هو بدراسة حد نهاية توصيلها (Λm) ، أي حينما تقترب تراكيزها من الصفر. وقد شرح كوبراتش لانكفورد (Cooper H. Langford) في كتابه (تطور أسس الكيمياء) كيف تمكن (كولروش) من قياس نهاية حد هذه القيمة قرب تركيز الصفر (Λ_m°) لمحاليل الإلكتروليتات وذلك بإجراء سلسلة من التجارب ورسم العديد من الخطوط البيانية لتحديد قيمة (Λm) بعد رسمها مع التراكيز المعيارية لمحاليلها، فكان بذلك أول من درس – بموضوعية فذة ومنهجية بالغة الدقة – المحاليل الموصلة للكهربائية للمواد شديدة التأين بمختلف تراكيزها، وكان أول من وضع القيم الحدية (Λ_m°) لتوصيل محاليلها للكهربائية.

وهنا لابد لنا من الإشارة إلى أن دراسة أو إيجاد حد التوصيل للمحاليل لا نهائية التخفيف (الذي يعني فعليا عدم وجود أي أيونات من تلك المادة فيها وبالتالي لابد وأن تنعدم أي تداخلات أو توصيل بينها أصلا) لابد وأن يكون ضربا من المستحيل لسبب بسيط هو استحالة دراسة أو إيجاد حد أو حالة لا وجود لها بالواقع. ولكن ما قام به العلماء لإيجادها هو بوضع جداول بيانية لقابلية التوصيل مرسومة مع مقادير متناقصة من المواد المراد دراستها، ومن ثم مد مستقيماتها إلى حد تقاطعها مع المحور، وبذلك تمكنوا من وضع جداول نافعة

جداً لقيم حد نهاية التوصيل (Λ_m) للعديد من المواد القابلة للتأين في محاليلها المائية.

شرع (كولروش) بين عامي (1875–1879) بفحص ودراسة العديد من أملاح الحوامض ومحاليلهـا حتى أوصلته بحوثـه والتي كان قد أجراها في جامعـة ورزبرك (Wurzburg) إلى وضـع قانونـه الخاص بحرية حركة الأيونات في محاليلها والذي ينص على **أن لكل أيون في المحلول** (مهما كان عدده ومقداره) **ممانعته الخاصة به لدى هجرته داخل المحلول إلى القطب المخالف لـه بالشـحنة** والتي لا تعتمد مطلقا على مصدره الجزيئـي ولا على نوع المركب الذي جاء منه وإنما تعتمد على خصوصيته الأيونية ذاتها.

ترأس عالمنا المرموق عام (1888) مختبر الأبحاث في جامعة ستراسبرك (Strasbourg) وتسنـم في عام (1895) منصب المدير العام للمعهد العالي للفيزياء والتقنية، واعتبر عند ذلك بحـق (ملك القياسات) بالنظر لجدّه ودقة عملـه وشَغفه بتطوير العديد من آلات القياس مثل جهـاز (القنطرة) المعروف باسم (قنطرة كولروش) لقياس قابلية التوصيل الكهربائي وجهاز (الكلفانومتر) ذي المماس والمستعمل لتحديد وجود واتجاه ومقدار التيار الكهربائي في المواد الموصلة كما عمل على تحسين جهاز المقياس العاكس[1].

لقـد خلـد التاريخ هذا العالم الجليل لأعمالـه وإنجازاته الباهرة والخالـدة في حقل الكيمياء الكهربائيـة ولوضعه قانونيه اللذين مازالا مصدر منفعة وفائدة للعديد من العلماء والدارسين في تجاربهـم الكهربائية والكهروكيميائية، وخـير مثال على ذلك استفـادة العالم (اوستوالد –Ostwald) من أساليـب (كولروش) وتقنياته في البحث واستخدامها في أبحاثه وتجاربه الخاصـة الأمر الذي مهد إلى، ومكنه من اكتشاف قانونه الشهير للتخفيف والمعروف باسمه (Ostwald's Dilution Law).

و(استوالـد) هذا شخصية لامعة فذة امتـازت بعبقرية تستحق معها إفـراد السطور التالية

(1) جهاز المقياس العاكس: – Reflectivity Meter وهو جهاز مستخدم في تجارب الحرارة والضوء، ويمكنه المقارنة ما بين جزء الشُعاع الوارد إليه مع جزئه المنعكس عنه بدقة علمية متناهية ويستخدم في العديد من التجارب. (المترجم).

للتعريـف به وبأهم إنجازاتـه، فلقد كان عازفا بارعا للكمان ورسامـا موهوبا للطبيعة ولماحا حاذقاً للألوان. إضافة إلى أعماله ودراساته المشهودة في حقول العوامل المساعدة[1] وصفاتها، ألـف ونشر (اوستوالـد) هذا خمسة وأربعين كتابا، ونشر أكثر مـن خمس مئة مقالة وبحث إضافة إلى آلاف التلاخيص والمختصرات.

حصـل على جائزة نوبل للكيمياء في عام (1909) وضحى بالكثير من وقته وجهده لرفع رايـة السلام والعمل من أجله في العالم ولم يعكر صفـو إنجازاته العلميـة وتاريخه الناصع إلا حقيقة فشله الذريع في تطوير وتحسين لغة (الـ Ido)[2] وهي إحدى مشتقات اللغة الإسبانية حيث لم تثمر جهوده المضنية ولا محاولاته المتعددة إلى النتيجة التي كان يتوقعها وضل فشله في تلك التجربة يلاحقه لفترة طويلة.

تـوفي (فردريـك فلهلم كلروشـ) فـي شهـر كانـون الثاني من عـام (1901) في مدينة ماربـرك (Marburg) الألمانية ونعاه (ايوان رايس مورس – Iwan Rhys Morus) في كتابه (حينما تُتوج الكيمياء ملكة) قائلا:

((إذا ما اسـتذكرنا شريط حياة هذا العبقري العملية والممتد خلال الربع الأخير من القرن الثامـن عشر لَما وجدنا لـه عنوانا خير من تسـميته (بتاريـخ الأب الحقيقي لعلـم القياس الحديث)، فلقد بادر (كولروش) وافتتح الأذهان والتطبيقات العلمية لما يصـح تسـميته بالطابع القياسي لعصرنا الراهن. لقد وصفـه أتباعـه وزملاؤه بالرائد الأول، وخير من أتقن فنون القياس واسـتخدام الآلات ووثق منهجية ضـبطها ودقة استعمالها، فلقد كان لهذا العلامة سبق اختراع العديد من آلات القياس الدقيقة مثل آلات قياس الحركة والكهربائيـة والمغناطيسية والآلات العاكسـة للضوء، كما كان هذا الفذ قد سخّر أربعين سنة من عمره

(1) العوامـل المساعـدة: Catalyats – وهـي مواد أو عناصر تساعـد على زيادة سرعة تفاعل مـا دون المشاركة فيه، حيث تبقى كميانها ثابتة قبل وبعد التفاعل. (المترجم).

(2) Ido – لغة موضوعة (لا تعود إلى أي طائفة أو قومية أو بلد) قصد من ابتكارها أن تكون (لغة عالمية) يسهل تعلمها واستعمالها مـن قبـل الجميع مهما كانت خلفيـات لغاتهم الأم. تمتاز عـن الإنكليزية بأنها أكثر رتابـة ونظاماً من النواحـي النحوية والتحريرية والكلامية. (المترجم).

عمل خلالها يدا بيد مع العالم (ويبر) من أجـل اكتشـاف وتقنين ودراسـة وضبط وحدات القياس الكهربائية والمغناطيسية وثوابتهما. كما اسـتطاع هذا العبقـري إدارة وتوجيه معظم بحـوث معهد ريشسانستالت (Reichsanstalt) العلمية ونال عن جدارة لقب (المفكر الذي قاد الصناعة الكهربائية الألمانية لتبوء مركز الصدارة على مستوى العالم)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Atkins. P. W. *Physical Chemistry*. 5th edition (New York: Freeman. 1996).

Dogra. S. K., *Physical Chemistry Through Problems* (New Dehli: New Age Publishers, 1984).

Drennan, Ollin. "Friedrich Kohlrausch." in *Dictionary of Scientific Biography*. Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons. 1970).

Hamann. Carl H.. Andrew Hamnett, and Wolf Vielstich. *Electrochemistry* (Hoboken, N.J.: Wiley, 1988).

Katz, Eugenii, "Friedrich Wilhelm Georg Kohlrausch": see chem.ch.huji.ac.il/~eugenik/history/kohlrausch.htm.

Krebs. Robert. "Kohlrausch's Law," in *Scientific Laws, Principles, and Theories* (Westport. Connecticut: Greenwood Press, 2001).

Langford. Cooper H., *The Development of Chemical Principles* (New York: Dover, 1995).

Morus. Iwan Rhys. *When Physics Became King* (Chicago: University of Chicago Press. 2005)

Zeiss. Carl. "Kohlrausch's Laws," Carl Zeiss AG. see www.zeiss.de/C12567A100537AB9/Contents-Frame/9BBD454D0BCC325EC1256D0900331437

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

- إن ما يميز الرياضـيين والفلكيين والفيزيائيين هو تدينهم على الغالب وإيمانهم وتمسـكهم الروحي. تقل هذه النزعة نوعا ما لدى البيولوجيين وقد تكون شديدة الندرة أو معدومة لدى الاقتصاديين وعلماء النفس، ولكأن للعلوم والاختصاصـات نزعة للابتعاد عن الروحانية والتدين كلما اقتربت بصاحبها من الإنسان وتعمقت في دراسة ذاته.

لويس

C.S. Lewis (Religion Without Dogma?) The Grand Miracle،

And Other Selected Essays on Theology and Ethics from God in the Dock.

مقتطف من كتابه (المعجزة العظمى).

– ما الذي يعنيه مصطلح (قوانين الطبيعة العامة والشاملة) بالضبط؟ هل هي قوانين الحركة لنيوتن؟ أم هو قانونه للجذب العام؟ هل هو قانون سينل[1] أم قانون اوم؟ هل هو القانون الثاني للديناميكية الحرارية؟ أم هو قانون الانتقاء الطبيعي؟. بالتمحيص الدقيق وإعمال العقل برزانة... أجدني واثقا كل الثقة بأن كل تلك القوانين لا هي بالعامة الشاملة ولا هي بالضرورية حتى! ولعلي أجد من الجسارة في نفسي ما يجعلني أطعن حتى بمصداقيتها جميعا!

كير

Ronald N Giere، Science Without Laws، 1999

مقتطف من كتابه (العلم بلا قوانين) .

– إذا ما جلسنا جلسة هادئة وفكرنا بلحظة متأنية لنقارن بين الرياضيات والفيزياء فإلى ماذا سنصل برأيك؟

ما الرياضيات أولا؟ – إنها ولا شك – كيان جميل متكامل خلقه الإنسان وعبر به عن الكثير من حاجاته الذاتية وأشبع به حاجات كثيرة أخرى. لا أصول ولا جذور طبيعة لها ولذلك لابد للرياضيين أن يُعرّفوا كل عنصر وكل رمز وكل دالة قبل استخدامها وإلا لما كان للرياضيات ولا لرموزها أي معنى بالأصل، هذا على عكس ما جاءت به الفيزياء تماما ؛ فهي (براءة اختراع عن جدارة للطبيعة ذاتها). لقد أوجدت الطبيعة رائع جمالها ومختلف موجوداتها (ولعلها لا تزال تبدع الجديد منها وتراقب الجميع عن بعد) دون أدنى اكتراث لا بالبشر ولا بغيرهم من موجوداتها. أما قوانينها (أقصد القوانين الطبيعية – أو قوانين الفيزياء) فهي من إنتاجنا (نحن)، وهي قوانين رياضية ولكنها مغايرة للرياضيات ذاتها ولذلك يكتشف ويستخدم الفيزيائيون قوانينهم دون أن يجدوا أنفسهم مضطرين لتفسير أي منها.

بوبر

Carl Popper، The Logic of Scientific Discovery

مقتطف من كتابه (المنطق وراء الاكتشاف العلمي) .

(1) Snell's Law – راجع المدخل الخاص بهذا القانون في فصل (الفترة الزمنية من عام (250) قبل الميلاد إلى (1700) بعده. راجع صفحة (155) من هذا الكتاب. (المترجم).

قانون كيوري للمغناطيسية

CURIE'S MAGNATISM LAW

فرنسا عام 1895 **وعمم عام** 1907،

تتناسب مغناطيسية المواد شبه المغنطة عكسيا مع درجة حرارتها المطلقة، وتفقد كافة صفاتها المغناطيسية عند درجة حرارة معينة تسمى (درجة حرارة كيوري) أو درجة الحرارة الحرجة.

من أحداث عام 1895:

- سُحق الآرمن في حربهم ضد الدولة العثمانية.

- نشر اتش. جي. ويلز (H. G. Wells) قصته الشهيرة – آلة الزمن –.

- اخترع (كوكليلمو ماركوني – Guglielmo Marconi) المهندس الكهربائي الأيرلندي الأصل آلة التلغراف.

- اكتشف الفيزيائي الألماني (ولهلم رونتجن – Wilhelm Rontgen) ما يُعرف بالأشعة السينية أو بأشعة اكس(x).

- اخترع رجل الأعمال الأمريكي(كنك كامب جيليت – King Camp Gillette) آلة الحلاقة بالموس الأمين ذي الشفرة أحادية الاستعمال المعروفة إلى الآن بـ(شفرات جيليت) باسمه وكسب شهرته العالمية من حملته الدعائية آنذاك.

- ولد كل من لاعب كرة السلة الشهير (بيب روث – Babe Ruth) وبطل الملاكمة الامريكي (جاك دمسي – Jack Dempsey).

- نال أول أمريكي زنجي الأصل (دبليو. إي. بي. دوبوا – W.E.B.Du Boia) شهادة الدكتوراه من جامعة هارفرد.

- وضع الفيزيائي الأيرلندي (جورج فتزكرالد – George Fitzgerald) (ولأول مرة في التاريخ) تصوره عن انكماش المسافات وأطوال الأجسام باتجاه حركتها.

قانون كيوري للمغناطيسية:

اكتشف عالم الكيمياء الفيزيائية الفرنسي (بيير كيوري – Pierre Curie) قانونه الشهير للمغناطيسية بعد إجراء العديد من التجارب وترتيب نتائجها بشكل مبسط ووصفها بحيث توضح العلاقة بين مغناطيسية بعض المواد ودرجات حرارتها وعلى الوجه التالي:

$$M = C \cdot \frac{B_{\text{ext}}}{T}$$

حيث يُمثل (M) حاصل مغناطيسية مادة ما و (Bext) مقدار قوة الحقل المغناطيسي المسلط عليها مقاسا بوحدة (التسلا –Tesla)[1] و (T) حرارتها مقاسة بدرجات كالفن و (C) هو ثابت (كيوري) ويرمز لنقطة معينة تحددها صفات المادة المعنية ذاتها. ويختصر (قانون كيوري) الخاصية المغناطيسية بنصه على **ازدياد مغناطيسية أي مادة بزيادة قوة الحقل المغناطيسي المسلطة عليها ونقصانها بزيادة حرارتها**. وقد يكتب (قانون كيوري) على الشكل التالي أيضا:

$$\chi = \frac{C}{T}.$$

حيث (X = M / Bext) وتعني قابلية المادة للمغنطة، بمعنى مقدار استجابة أي مادة ومقدار تمغنطها عند وضعها في حقل مغناطيسي معلوم.

ينطبق (قانون كيوري) كذلك على المواد (شبه الممغنطة) مثل الألومنيوم والنحاس، والتي تمتاز بقابلية الصفات القطبية لذراتها بالانتظام وبالتوازي مع الحقل المغناطيسي المسلط عليها، وتكتسب تبعا لذلك صفات مغناطيسية بينة يمكن قياسها بالمقاييس الحساسة. ولتوضيح المقصود بالمواد (شبه المغناطيسية) نقول: هي مواد (فلزية على الأغلب الأعم) تتصرف كمغناطيس

(1) وهي وحدة الفيض المغناطيسي العالمي (B) وقد سميت بإسم العالم والمخترع والمهندس الكهربائي والميكانيكي وأبو (الكهربائية التجارية) الصربي [نيقولا تسلا (Nikola Tesla (07.Jan . 1943 – 10.July.1856] من كرواتيا. خير ما عرف به هو أفكاره حول (الكهرومغناطيسية) وقد ساهمت اختراعاته في تطوير (طاقة كهرباء التيار المتردد) بما في ذلك نظام الأطوار المتعددة والمحرك الكهربائي وبذلك قدم (للثورة الصناعية الثانية) وكان رائد فكرة نقل الكهرباء عبر الأثير. كما ساهم في علوم (الروبوتات – Robotics) و(السيطرة عن بعد – Remote Control) والرادار وعلوم الحاسوب. كما شارك بنشر أفكار الفيزياء النووية والنظرية وعلوم القذائف بعيدة المدى (Ballistics). كان واسع الخيال عظيم التصور شاسع الإمكانية الفكرية والذهنية إلى الدرجة التي اعتبر معها (مهتز الشخصية) حتى وصم بالعالم المجنون. (المترجم).

اعتيــادي (أي تجذب وتنفر الأجسام المغناطيسية الأخـرى حسب مخالفة أو مماثلة قطبيتها لها) عند وضعها في مجال مغناطيس خارجي معين، والذي سيعمل على إعادة الاصطفاف العشوائي لــذرات تلك المــادة إلى اصطفــاف قطبي موحد فتكســب بذلك صفــات مغناطيسية بقطبية معلومــة، ولكن ما أن يقطع هذا المجال المغناطيسي الخارجــي عنها حتى تعود ذراتها للتشرذم بصورة عشوائية تفقد معها صفاتها المغناطيسية تلك وتفقد قطبيتها. وهنا لابد من ذكر مصطلح مهــم في المغناطيسية ألا وهــو (العزم المغناطيســي – Magnetic Moment) والذي يعني مقدار القوى المغناطيسية واتجاه اصطفاف خطوطها وتشكل قطبيها في لحظة زمنية معينة. أما علاقة الحرارة بالمغناطيسية فتُـفسَّر على ضوء الحقيقة القائلة إنه بوضع المواد (شبه المغناطيسية) في مجــال مغناطيسي خارجي، فسيعمل هــذا المجال على إعادة ترتيب واصطفاف ذرات تلك المــواد لتأخذ اتجاها قطبيا منتظما ومحددا. وأما مفعــول الحرارة في هذا المجال فسيكون بزيادة سرع تذبذب هذه الذرات مما يدفعها طبيعيا إلى محاولة استعادة اتجاهات تشرذمها العشوائي كما لــو أنها لم تُعرّض إلى المجال المغناطيسي آنف الذكــر وذلك يفسر ميلها (وبعد حين) إلى فقدان مغناطيسيتها التي اكتسبتها.

ومن الجدير بالتوضيح هنا أن **(قانون كيوري)** هذا ينطبق على مدى محدود من قيم (Bext) ولا ينطبــق إلى مالانهايــة بمعنــى أن اصطفاف ذرات مــادة ما بالتــوازي، وتكوينها لقطبين مغناطيســين بيّنين (شمالي وجنوبي) يعتمد بالدرجــة الأولى على المجال المغناطيسي المسلط عليهــا ولا يمكن لمغنطة تلك المــواد (M) أن تزداد بزيادته إلى مــالا نهاية، فحالما تبلغ مقدارا كافيا من (المغنطة) واكتساب (100%) من ذراتها صفة الاصطفاف القطبي، حتى يستحيل زيــادة مغناطيسيتها مهما أوغلنا في زيادة المجال حولها. وتنطبق صفة (الشبه مغناطيسية) – والمقصــود بها فقدان القابلية المغناطيسية الطبيعية – على فلزات أخرى مثل الحديد والنيكل، فبالإمــكان هنــا استعادة شــيء من مغناطيسيــة تلك المواد حتــى بعد تسخينهــا إلى ما فوق (درجــة حرارة كيوري) الخاصة بها – وهي الدرجــة التي على المواد الممغنطة أن تتخلى عن مغناطيسيتها عند بلوغها إياها.

ولنا أن نذكر هنا بعض الحقائق مثل درجة حرارة كيوري للحديد التي تبلغ (1043) درجة مطلقة (كالفن) أو (770) درجة حرارة مئوية، حيث تفسر هذه الدرجة الحرارية العالية حقيقة مسؤولية الصفة المغناطيسية الحديدية (الطبيعية) هذه عن احتفاظ المغانيط الطبيعية بمغناطيسيتها وبالتصاق قطع اللعب الحديدة بباب ثلاجتك أو احتفاظ الحدوات الممغنطة وبعض أجزاء محركات التيار الكهربائي المستمر بها [وذلك لتواجد كل هذه المواد بدرجة حرارة تقل بكثير عن درجات (حرارة كيوري) لها دائماً].

وفي الختام يمكننا الاستنتاج أن الصفة (الشبه مغناطيسية) للمواد هي عبارة عن شكل ضعيف من أشكال المغناطيسية الطبيعية والذي سرعان ما تفقده عند تعرضها لشيء من الحرارة التي تعمل (كما أسلفنا سابقا) على زيادة سرعة تذبذب وحركة الذرات المكونة لتلك المواد فتدفع ذراتها إلى عشوائيتها السابقة حارمة إياها من صفتها المغناطيسية التي اكتسبتها بوضعها في مجال مغناطيسي خارجي.

أما تفسير عدم وجود أي صفة مغناطيسية لبعض المواد كالزجاج والخشب أو حتى لبعض الفلزات كالنحاس والذي يكون على شكل Cu^+ (أي أن ذرته فاقدة إلكترونا واحدا) والذي يكوِّن النحاس الطبيعي، أو الغازات كالنيون... فيعود إلى حقيقة أن الصفات المغناطيسية لإلكتروناتها المفردة لها من العشوائية بحيث تلغي الواحدة تأثير الأخرى حتى لا يبقى منه شيئا يمكن قياسه أو الشعور به كتأثير مغناطيسي أو شبه مغناطيسي صاف. أما بالنسبة لذرات أخرى أو أيونات محددة مثل [أيون (Mg+2) المغنيسيوم]، فلا تلغي حركة إلكتروناتها العشوائية التأثير الكامل لقطبيتها ولذلك تحتفظ مثل هذه الذرات بشيء من صفتها القطبية المغناطيسية.

قانون كيوري - ويس للمغناطيسية

CURIE - WEISS LAW

يُعَرِّف قانون (كيوري – ويس) القابلية المغناطيسية (X) الواردة في قانون كيوري السابق في المجال شبه المغناطيسي فوق نقطة (حد كيوري) بمعادلة رياضية هي:

$$\chi = \frac{C}{T - T_c}$$

حيث (C) هو ثابت كيوري الخاص بمادة ما و (T) هي درجة حرارته المطلقة مقاسة بدرجات حرارة كالفن و (Tc) هو حد كيوري مقاسا بالدرجات المطلقة (كالفن) كذلك. ومن الملاحظ وجود حالة المغنطة الذاتية عند تساوي (T = Tc). ويمثل هذا القانون إضافةً وامتداداً لقانون (كيوري) السابق آخذا (درجة حرارة كيوري) بنظر الاعتبار. ولتفسير بعض خصائص هذه الدرجة الحرارية وعلاقتها بالمغناطيسية نسوق الأمثلة الواقعية الثلاثة التالية ؛ فهذه الدرجة (والتي تمثل قيمة طبيعية تعتمد وتعكس خصائص الفلز المعني) تكاد تساوي صفرا (Tc= 0) في حالة المواد شبه المغناطيسية، أولاً. وتكون ذات قيمة موجبة كبيرة (Tc>0) في المواد المغناطيسية وتدل على قوة تأثيرها المغناطيسي ثانياً، كما أن هناك صنفا ثالثا من المواد التي توصف بالمواد المضادة للمغناطيسية وهي التي تكتسب (Tc) فيها قيمة سالبة (Tc<0).

وخلاصة القول إن المواد التي توصف بكونها ذوات طبيعة مغناطيسية، هي تلك التي تمتلكها عندما تكون درجة حرارتها أقل من (درجة حرارة كيوري) الخاصة بها (T<Tc) أما إذا ارتفعت درجة حرارتها فوق تلك الدرجة (T>Tc) فستتصرف وكأنها مواد شبه مغناطيسية (أي فاقدة لتلك الخاصية في درجة الحرارة تلك ما لم يؤثر عليها إيجابيا حقل مغناطيسي خارجي). أما الاستنتاج الأخير لكل ما سبق فهو اقتصار تطبيقات قانون (كيوري – ويس) على المواد التي تتجاوز حرارتها (درجة حرارة كيوري) الخاصة بكل منها لأنه وببساطة يعتبر قانوناً يعتمد على الحرارة. أما التفسير العلمي الفزيائي لتصرف مختلف المواد

(المغناطيسية وشبه المغناطيسية) وعلاقتها بالحرارة فيستند على حقيقة ميل ذرات تلك المواد (تحت درجة حرارة كيوري) إلى الانتظام والاصطفاف بتواز محدد يضمن لها دوام قطبيتها واستمرار خاصيتها المغناطيسية، أما تفسير الخاصية المغناطيسية الطبيعية الذاتية لبعض المواد (وتحت درجة حرارة كيوري أيضا) فيكون على أساس وجود حقل مغناطيسي داخلي فيها يسمى (حقل ويس الجزيئي المغناطيسي – Weiss Molecular Field) وذلك تخليدا لدى العالم الفيزيائي الفرنسي الفذ [بيير ويس (1865–1940) Pierre Weiss]. وتتناسب قيمة هذا الحقل، (والذي يعبر عن المعدل العام للقيمة المغناطيسية لتلك المادة) مع مقدار تمغنط مختلف الأجزاء المكونة له.

بالإمكان قياس (القابلية المغناطيسية – Magnetic Susceptibility) لمادة ما بوضع نموذج منها داخل ملف كهربائي ثم قياس مقدار الحث الذي يسجله مع وبدون تلك المادة، كما بالإمكان تحديد (درجة حرارة كيوري) لها بقياس وتسجيل ذلك الحث (داخل ذات الملف) بدرجات حرارية متفاوتة حوالي درجة حرارة كيوري المتوقعة ومن ثم تطبيق قانون (كيوري – ويس).

ولفهم المغناطيسية وطبيعتها لابد لنا من فهم معنى المجالات المغناطيسية وأنواع المواد المغناطيسية في الطبيعة وما المقصود بدرجة (حرارة كيوري) أولاً. أما المجالات المغناطيسية فهي مجالات أو حقول القوى المحيطة ببعض المواد والناتجة عن اصطفاف ذراتها بالتوازي مع بعضها وتكوينها لقطبية مغناطيسية محسوسة. تتأثر هذه المجالات سلبا عند رفع درجة حرارة تلك المواد نتيجة لزيادة حركة وذبذبة ذراتها وزيادة عدد التصادمات بينها الأمر الذي يؤدي إلى فقدان صفة التوازي والاصطفاف القطبي بينها، الأمر الذي يؤدي إلى فقدانها لصفتها المغناطيسية.

وأما تصنيف المواد في الطبيعة بالاستناد إلى خواصها المغناطيسية فتقسم إلى ثلاث فئات: المواد المغناطيسية والمواد شبه المغناطيسية والمواد المضادة للمغناطيسية (أو اللامغناطيسية) وأما (درجة حرارة كيوري – Tc) فتُعرّف ببساطة بأنها الدرجة الحرارية (المطلقة) التي

تختفـي الصفات المغناطيسيـة للمادة عند وصولهـا لها، وتحوي ضمنا معنـى التضاد بين العـزوم المغناطيسيـة وهو المفهوم الذي استنـدت عليه (نظرية ويـس) واعتمد عليه قانون (كيوري – ويس).

يمكن لقيمة (Tc) أن تكون صفرا لبعض المواد، عندها يتماثل قانونا (كيوري) و(كيوري – ويـس) تطبيقـاً ويتساويان نتيجةً، كما أنهـا قد تكون غير ذلك، عندهـا نتوقع وجود التضـادات الفعالة المولدة للعـزوم المغناطيسية المتغايرة بين ذراتها المتجـاورة، فإذا كانت موجبـة فالمادة مغناطيسية تحت درجة حرارة كيـوري الخاصة بها، كما ويمكن أن تتحول إلى مـادة شبـه مغناطيسيـة بالتسخين إذا ما فاقـت درجة حرارتها درجـة انتقالية محددة، وأخيرا فإن قانون (كيوري – ويس) لا يطبق إلا على المواد في حالتها شبه المغناطيسية. أي في حالـة تسليط مجال مغناطيسي على مادة شبه مغناطيسية أو عند تحويل المادة المغناطيسية إلى شبـه مغناطيسية بالتسخين قبل أن تفقدهـا مغنطتها بالكامل عند حد (درجة كيوري) الخاصة بها.

ترتبط المغناطيسية والكهربائية بصفات مشتركة متبادلة يعتمد على فهمها الإدراك السليم لمعنى ولأهمية قانوني (كيـوري) و(كيوري – ويس)، فإذا أمررنا تيارا كهربائيا معلوما في سلـك، تولد مجالا مغناطيسيا حوله وإذا ما صادف أن قطع سلك مجالا مغناطيسيا فسيتولد حين ذاك تيارا كهربائيا فيه. ولتسهيل فهم ما سبق ؛ دعنا نتصور أنه بإمكان معظم الذرات أن تتصـرف كأقطـاب مغناطيسية متناهية في الصغـر تحتوي على تيـارات كهربائية تدور حولهـا، فبعض الذرات كالكاربون والخشب والنحاس والرصاص لا تمتلك أي خصائص مغناطيسيـة بالنظـر لكيفية توزيع إلكترونـات ذراتها في مداراتها خـارج النواة. والبعض الآخـر تمتلك صفـات مغناطيسية ثابتـة (أي أنها ممغنطـة بطبيعتها)، علـى حين قد تمتلك مجموعـة ثالثة صفة (شبه المغنطـة المغناطيسية) أي أن لها ميلا مغناطيسيا إلا أنها غير ممغنطة في الطبيعة. والآن إذا ما سلطنا مجالا مغناطيسيا كافيا على نموذج من المواد شبه المغناطيسية فإنـه سيعمل على إعـادة ترتيب العزوم المغناطيسية لتلك الـذرات وجعلها موازية لخطوط

المجــال ذاته فتعمــل بدورها على تقويته. هــذا وتتغير قيم هذه الحقول (شبــه المغناطيسية) المكتسبــة بتغير درجة حرارتهــا فتقل بارتفاع الحرارة بسبب مفعولهــا المساعد على زيادة حركــة وتذبذب تلك الــذرات والمضاد لسهولة تنظيمها. أمــا ذرات بعض المواد الأخرى مثل الحديد والنيكل والكوبلت والتي تستجيب بشدة للحقول المغناطيسية وهي التي يمكن أن تكتســب قيماً عاليــة لـ (x) بسبب امتلاكهــا لعزوم مغناطيسية كبــيرة تتمثل بتكتلات ذريــة داخلها تسمى (الحــدود – Domains) والتي سرعان ما تنتظم لتضم كافة عزومها المغناطيسيــة الفردية وكأنها متوازية تماما وباتجاهــين (شمالي وجنوبي) متطابقين. وكمثال توضيحي لما سبق دعنا نتصور قضيبا حديديا غير ممغنط وقد وضع في مجال مغناطيسي قوي. فهــذا القضيب يحتــوي على العديد الجم من (العزوم المغناطيسيــة) غير المنتظمة والمتضادة بالاتجــاه الواحدة نسبة لجاراتها. وقد تبلغ(الحــدود – Domains) المغناطيسية في بعض المواد أحجاما (كبيرة نسبياً) قد تصل إلى بضعة أجزاء من المليمتر. والآن إذا ما سلطنا المجال المغناطيسي على القضيب فإن (الحدود) المغناطيسية المتغايرة سوف تنتظم وتوازي خطوط الحقــل المغناطيسي الخارجي المسلط عليها فتنمو شيئــا فشيئا حتى تفوق في عددها العزوم المغناطيسيــة العشوائية، وهذا ما يؤدي إلى تقوية الحقــل المغناطيسي الداخلي بنتيجة تقوية الحقل الخارجــي على القضيب الحديــدي، ويتم ذلك بالحقيقة بتغيــير إحداثيات (الحدود المغناطيسية) الدقيقة فتقل عشوائيتها ويزداد انتظامها. وعند تسليط حقول مغناطيسية قوية جــدا على القضيــب ستُجبر حينذاك كافة الذرات على تنظيــم نفسها بشكل مواز لخطوط الحقل الخارجي فتكتسب مغناطيسية عالية تحتفظ بها طالما احتفظت بدرجة حرارتها دون (درجــة حــرارة كيوري) الخاصة بها. فإذا مــا حدث وأن بلغتها أو فاقتهــا، أثّرت الحرارة علــى أواصرها المغناطيسية الرابطة لذراتها فتحلهــا وتعيدها لعشوائيتها وبذلك تفقد المادة خواصهــا المغناطيسية بفقدانها (لحدودها) المنظمة لعزومها المغناطيسية. يرينا الجدول رقم (10) درجة حرارة كيــوري لبعض المواد المغناطيسية الطبيعية، وكما ذكرنا آنفا فإن جميع هذه المواد تعود للتصرف كمواد شبه مغناطيسية متى ما رُفعت درجة حرارتها فوق (درجة

حرارة كيوري) الخاصة بكل منها.

الجدول رقم (10):

درجة حرارة كيوري لبعض المواد المغناطيسية مقاسة بدرجات حرارة (كلفن) المطلقة:	
المـادة	T_c (°K)
الحديد	1043
النيكل	633
شبيكة الحديد والنيكل (50% لكل منهما)	803
كادولينيوم	293
كلوريد الكادولينيوم	22
منقولة من كتاب D.H.Martin's Magnetism in Solids	

ومن المفيد أن نذكر هنا أنه يمكننا تصنيف كافة المواد والعناصر نسبة لتصرفها المغناطيسي إلى عدة فئات تأخذ استعدادها المغناطيسي بنظر الاعتبار (راجع الجدول رقم (11) على الصفحة الموالية).

تقــع معظم العناصر ضمن فئتــي العناصر المغناطيسية أو شبــه المغناطيسية في درجة حرارة الغرفــة الاعتيادية. وتلاحظ الصفة المغناطيسية الشبيهة بالحديد (ثلاثي التكافؤ – الحديديكية – Ferric) في المركبات عموما، على حين تظهر الصفة المغناطيسية الشبيهة بالحديد (ثنائي التكافـؤ – الحديدوزية– Ferrous) في فلزات معدودة مثل الحديد والكوبلت والنيكل في درجات حرارة مساوية لدرجة حرارة الغرفة الاعتيادية أو تفوقها. أما عند رفع درجة حرارة المواد المذكورة، فستختلف حينذاك في قابلياتها المغناطيسية وتتغير حسب العلاقة المنصوص عليها في (قانون كيوري – ويس).

جدول رقم 11:

تصنيف بعض المواد والعناصر نسبة لتصرفها المغناطيسي:

المادة	استعدادها المغناطيسي X	تصرفها المغناطيسي: عزوم ذراتها المغناطيسي	* تأثير الحقل المغناطيسي عليها
ثنائية المغناطيسية	ضئيل، سلبي مثال: X للذهب= -10X2.7 (مرفوعة للقوة – 6)	مفقود	عكسي مع درجة مغنطتها
شبه المغناطيسية	ضئيل، إيجابي مثال: X للبلاتين= 10X21.0 (مرفوعة للقوة – 6)	عشوائي	طردي مع درجة مغنطتها
المغناطيسية الحديدوزيه (ثنائية التكافؤ)	بينة، إيجابية وكدالة للحقل المغناطيسي المسلط عليها وتعتمد على كيانها الميكروسكوبي (مثال: X 100000 للحديد)	منظم باتجاه واحد	طردي مع درجة مغنطتها ولكنها سرعان ما تصل إلى حد الإشباع المغناطيسي
المضادة للمغناطيسية	ضئيل أم إيجابي مثال: X للكروم = 10X3.6 (مرفوعة للقوة – 6)	منتظم	طردي مع درجة مغنطتها
المغناطيسية الحديديكية (ثلاثية التكافؤ)	كبير، موجب وكدالة للحقل المغناطيسي المسلط عليه وتعتمد على كيانها الميكروسكوبي (مثال: X 3 لحديدات الباريوم)	منتظم	طردي مع درجة مغنطتها ولكنها سرعان ما تصل إلى حد الإشباع المغناطيسي

* الصفة المذكورة في هذا الحقل تمثل تصرف عزوم ذراتها المغناطيسي جراء تسليط حقل مغناطيسي خارجي عليها منقولة من مجموعة كيمياء السبائك التطبيقية بجامعة برمنكهام تحت عنوان: تصنيف المواد المغناطيسية.

للفضوليين فقط:

• ظل (بيير كوري) خجولا متواضعا محتقراً لقابلياته الذهنية، فقط لأنه لم ينل فرصة الحصول على تعليمه الابتدائي الأساسي، ولكنه في النهاية نال (جائزة نوبل) مع زوجته (ماري) التي حصلت لاحقا على (جائزة نوبل) ثانية مما جعلها أول من حاز أو شارك في حيازة جائزتي نوبل في العالم.

• حصلت ابنة (بيير كوري) وزوجها على (جائزة نوبل) كذلك.

• شهد عام (2006) حصول (روجر كورنبرك – Roger Kornberg) عليها لقاء عمله على استنساخ المعلومات الوراثية فأصبح بذلك سادس ابن ينالها مع أبيه وثامن أب يحصل على الجائزة مع ابنه منذ تأسيسها في عام (1901) على يد (الفريد نوبل) مخترع الديناميت.

أقوال مأثورة:

– لابد من اعتبار كل اكتشاف أو إنجاز علمي (مهما ضَؤُلَ) إنجازا مهماً.

من رسالة أرسلها بيير كوري إلى زوجته ماري عام (1884)
يحثها فيها على الالتحاق به لتحقيق (حلمهما العلمي المشترك).

– لابد لنا من الطعام والشراب والنوم والحب والتمتع بملذات الحياة ما دمنا أحياء، على شرط ألا ننقاد لذلك فلابد لنا عند ممارستنا لكل ما نحب والاستمتاع بكل ما يلذ لنا أن نضع مُثلنا العليا وأفكارنا وقيمنا نصب أعيننا وداخل عقولنا ووجداننا على الدوام. أرى أنك إذا أردت أن تكون عظيما وسعيدا أن تجعل حياتك حلما لا تمله، تتمناه دائما وتعمل على تحقيقه ما دمت حيا.

بيير كوري
quoted in Marie Curie's (Pierre Curie).
مقتطف من كتاب (ماري كوري) الذي ألفته عن زوجها.

– ما برح التساؤل المشروع عن حق الإنسان ومقدار انتفاعه من كشف أسرار الطبيعة يقلقني ويقض مضجعي مذ فكرت بحجم الدمار والخراب والهلاك الذي سينجم إذا ما وقع عنصر الراديوم بأيد أثيمة.

من خطاب (بيير كوري) أمام لجنة منحه لجائزة نوبل
والذي خصصه للكلام عن المواد المشعة والراديوم.

ملخص لسيرة حياة المكتشفين:

[بيير كوري (1859-1906) Pierre Curie] و [بيير ويس - Pierre Weiss 1865-1940]، فيزيائيان فرنسيان وضعا (قانون كيوري) و (قانون كيوري - ويس) والذي يمثل جهدهما المشترك، وينصان على **ارتباط تقبل المواد للمغناطيسية بدرجة حرارتها.**

ذكرنا سابقا أن المقصود (بدرجة حرارة كيوري) هي درجة الحرارة المطلقة التي تتحول عندها المواد المغناطيسية إلى مواد شبه مغناطيسية. فلقد أكد (كيوري) في عام (1895) على العلاقة العكسية (عند نقطة حرارة كيوري) بين القابلية المغناطيسية للمواد ودرجة حرارتها، إلا أن (بيير ويس) تمكن في عام (1907) من إثبات عدم دقة هذه العلاقة، الأمر الذي مكنه من تحوير (قانون كيوري) وجعله ينص على **أن القابلية المغناطيسية لمادة ما تتناسب عكسيا مع الزيادة الحاصلة في حرارتها فوق (نقطة كيوري)** وبذلك جعله أكثر مصداقية في تفسير صفات القابلية المغناطيسية فوق تلك النقطة. ولابد من الإشارة هنا إلى أن تطبيقات (قانون كيوري - ويس) محدودة للمواد بعد تجاوزها (درجة حرارة كيوري) الخاصة بها ولا يصح تطبيقه عند أو تحت تلك الدرجة.

ولد (بيير كيوري) في باريس لأب أحب الفيزياء وجعلها مهنة له. وقد كان لمجهود هذا الوالد في تعليم ولده في البيت وإرشاده إلى أسس التفكير العلمي الأثر البين على الصبي منذ نعومة أظفاره حتى تمكن هذا الأخير من الانضمام إلى الهيئة العلمية في السربون.

كتبت زوجته (ماري) عن سنين حياته الأولى وشبابه في توصيفها لسيرته الذاتية في كتابها (بيير كيوري) المنشور عام (1923) تقول فيه:

> **((لعل الغرابة التي امتازت بها حياة (بيير) وروحه هي ما جذبتني إليه، وهي ما اختطه قدره له، وتمحورت حولهما حياة هذا العالم الفذ وحياتي معه... لقد عاش (بيير) طفولته في كنف العائلة ولم يعرف المدرسة الابتدائية، لقد شاء القدر أن يتم تعليمه بالأسلوب المتئد البطيء الحنون الذي بدأته له والدته وأكمله له كل من أبيه وأخيه الأكبر. لم تكن آفاق (بيير) العلمية وعبقريته الذهنية الفذة لتنقاد بسهولة إلى البناء التقليدي للمعرفة الذي يفرضه نظام التعليم التقليدي المنهجي، فلقد اتصفت روحه المتسامية بالانطلاق وروحي أحلامه برفض الانقياد إلى الضغوط الذهنية التي يفرضها نظام التعليم المدرسي الابتدائي الكلاسيكي.**
>
> **لقد تأثر هو كثيرا بذلك وكثيراً ما كان يعترف ببطء فهمه للحقائق وصعوبة تقبله للمعلومة ولكن بمعاشرتي له في حياتنا العلمية والزوجية استطعت الجزم بأن هندسة شخصيته وبناءها**

الفكري كان من العبقرية بحيث تحتم عليه ضرورة التركيز الشديد وبدقة متناهية على موضوع واحد محدد، وكان باتباع طريقته تلك أهلاً للوصول إلى النتائج واستنباط الحقائق المذهلة الباهرة. لم يكن (بيير) من النوع الذي يتحمل المقاطعة في التفكير أو التحويل في المسار فلقد كانت عبقريته انطوائية خلاقه لا تسمح ولا تنقاد أبداً إلى المتغيرات في الظروف الخارجية)).

عشق الشاب اليافع (بيير) الرياضيات وشُغف بالهندسة المجسمة التي كان لها عظيم الأثر في استقطار عبقريته في مجال التصوير البلوري الذي اختص به لاحقا. كان (بيير) وأخوه (جاك) أول من وصف في عام (1880) (الخاصية الكهروميكانيكية – The Electromechanical Property) والتي تتمثل بقابلية بعض البلورات على توليد فرق جهد بين جانبيها إذا ما عُرِّضت لضغط أو إجهاد ميكانيكي معلوم، وتلك هي الظاهرة التي اصطلح على تسميتها (بالبيزو اليكتريستي– Piezoelectricity)[1] وتسمى كذلك (بالظاهرة الكهروميكانيكية) ومن أمثلتها بلورات كل من مادة السيراميك ومادة (العظم الحي) البشري والحيواني.

ولقد تمكن الأخوان لاحقا في عام (1881) من إثبات أن (الظاهرة الكهروميكانيكية) آنفة الذكر هي ظاهرة انعكاسية بمعنى أنه بالإمكان تغير شكل تلك البلورات بتسليط جهد كهربائيّ عليها. وعلى رغم ضآلة ذلك التغيير إلا أنه صار قاعدة مهمة للعديد من التطبيقات العملية في توليد والتحري عن الصوت وفي ضبط وتركيز العديد من الآلات والأجهزة البصرية. برزت أهمية اكتشاف (بيير) للظاهرة الكهروميكانيكية في وقت مبكر حتى صارت أساسا لتصميم واختراع جهاز الحاكي (الفونوغراف) والمصداح (الميكروفون) والأجهزة المافوق صوتية الخاصة بتعقب واكتشاف الغواصات في الأعماق. أما اليوم فتحتل التطبيقات العملية لتلك الظاهرة العديد من المجالات العملية والصناعية والطبية والعسكرية كإنتاج ولاعات السكاير (التي تعتمد على تلك الظاهرة لإنتاج جهد كهربائي كاف لإيقاد شعلة الغاز المخزون داخلها) وأجهزة الموجات فوق الصوتية للأغراض التشخيصية. ويعكف الجيش الأمريكي في الوقت الحالي على اختبار إمكانية استخدام هذه الظاهرة في توليد ما يكفي الجندي من القوة الكهربائية في سوح الوغى بتصميم جزمات قتالية يحوي نعالها على مثل تلك البلورات.

ومن الأفكار الخلاقة الرائدة والفذة (لبيير كيوري) كانت دراسته لظاهرة (التماثل Symmetry) واقتناعه بها، فلقد نشر في عام (1884) مقالته المطولة التي تناول فيها صفة التماثل والتناظر والتكرارية في البلورات والتي سرعان ما تبعها بمقال عن التكرارية في العام الموالي (1885).

(1) Piezo أو Piezein – وهي كلمة إغريقية تعني (الضغط) أو (العصر). (المترجم)

شغُف (بيير) بهذه الظاهرة وأجهد نفسه في دراستها باحثا عن النماذج المتناظرة في الطبيعة وسما بفكره إلى محاولة تعميم أفكاره حتى نقلت عنه زوجته (ماري) قوله إنه كان على يقين من أهمية مبدأ وأفكار (التماثل) المعروفة لدى اختصاصيي البناء البلوري حتى آمن بإمكانية جعلها أحد أركان علم الفيزياء.

نال (بيير كيوري) شهادة الدكتوراه في العلوم عام (1895) عن أطروحته التي تناولت دراساته المستفيضة لأنواع عديدة من المغناطيسية، وسرعان ما عُين أستاذا للفيزياء. تركزت أعماله الأولى بمعية أخيه (جاك) على دراسة (الظاهرة الكهروميكانيكية) و(التصوير البلوري) ولكنه اهتم لاحقا بدراسة المغناطيسية واخترع العديد من الآلات المعقدة التي احتوت على العديد من المقاييس والموازين والبلورات الكهروميكانيكية. لقد تجسدت عبقرية (بيير) وكان له فضل تصميم وبناء (قبان عزوم) خاص لقياس مختلف التأثيرات المغناطيسية والذي تمت الاستفادة منه في الكثير من البحوث من قبل العديد من العلماء، واستمر اهتمامه بالمغناطيسية حتى وضع قانونه الشهير الذي يلخص تأثُرُ المواد شبه المغناطيسية بالحرارة ويحتوي على الثابت المعروف باسمه كما كان له فضل اكتشاف درجة الحرارة الانتقالية (المعروفة باسم نقطة كيوري – أو درجة حرارة كيوري) والتي تفقد المواد المغناطيسية خاصيتها فوقها.

ولعله من الشيق والممتع الإحاطة بشيء من تاريخ اهتمام (بيير) العظيم بالمغناطيسية والذي ابتدأ منذ عام (1891) حيث استمر ونما حتى توج بحصوله على درجة الدكتوراه عن أطروحته التي حملت ذات المضمون والعنوان. كتبت (ماري كيوري) في كتابها عن سيرة زوجها الذاتية موضحة أهداف زوجها من دراسته للمغناطيسية كاشفة سر ولعه بهذه الظاهرة كما جاء على لسانه قائلة:

((يمكن تصنيف الأجسام إلى صنفين أو فئتين رئيسيتين باعتبار صفاتها المغناطيسية، الأولى مغناطيسية، ولها صفات مغناطيسية قوية أو ضعيفة. والثانية غير المغناطيسية والتي لا تملك تلك الصفة طبيعيا. وقد يتراءى للباحث أنهما صنفان مختلفان تماما من المواد إلا أني اعتقدت بخلاف ذلك ولهذا كان الهدف الأساسي من بحثي هذا هو اكتشاف أي علاقة أو صلة بينهما، وفيما إذا كان بالإمكان تحويل أو نقل (وبأي طريقة ممكنة) إحدى الفئتين إلى الفئة الثانية.

لقد أمضيت وقتا طويلا وبحثت مليا في مواصفات وخصائص العديد الجم من المواد المختلفة وأخضعتها إلى مديات متغايرة من المجالات المغناطيسية عبر أكبر حيز حراري استطعت إدراكه. لم تفلح أي من تجاربي الطويلة والدقيقة والمضنية في إيجاد أي علاقة مهما ضؤلت بين فئتي المواد المغناطيسية وغير المغناطيسية، وبذلك صارت نتائج أبحاثي الموثقة السند العلمي المتين لأصحاب النظرية القائلة بوجوب نشوء كل من المواد المغناطيسية وغير المغناطيسية من طبيعتين مختلفتين تماما على عكس العلاقة بين المواد المغناطيسية و شبه

المغناطيسية والتي أثبتت تجاربي أن العلاقة بينهما بينه وأسسها واضحة)).

ولإظهار جانب من جهود (بيير) المذكورة سابقا وتسليط الضوء على التحديات التي جابهته في تجاربه ما عليك سوى أن تتخيل المخاطر والاحتمالات التي جابهته وهو عاكف على قياساته الدقيقة لمواد قلقه معرضة لدرجات حرارة عالية جداً في أوان زجاجية محكمة!

شهد عام (1894) فجر ميلاد حب (بيير) لزوجته (ماري) حين التقاها ولأول مرة في باريس وهي طالبة بولونية شقراء نحيلة ذات عينين غائرتين ذكيتين لامعتين تصعد سلم السربون بخجل ولكن بإصرار. ولا نجد اليوم ما يعكس جوى الحب المضطرم في فؤاد (بيير) الخجول خيراً من رسالته الغرامية المفعمة بالوجد والذي ألفى نفسه يكتبها (مرغما) بدموع صادقة ساخنة وقلب مكلوم جريح وهو يودعها مسافرة للقاء أبيها المريض في بولندا والتي جاء فيها:

((ألم يقطع قلبانا عهد الوفاء الأبدي؟ ألم نقسم على الوفاء للحب؟ - حبنا الأكبر - فإذا لم يكن هناك تغيير في شعورك نحوي (لأنه حينها وحينها فقط لن يكون لي سلطان على قلبك فالقلب والحب هما (سيدا) الأحرار و(لا إكراه في الحب)..... فأنا أعترف بأنّي أسيرٌ وسأظل أسيراً لحبك. ولي أن أؤكد أن لحبي لك هدفا وأيما هدف... فأنا أريد لحبك أن يقودنا نحن الاثنين إلى عالم جميل، إلى عالم الأحلام - أعني أحلام الحقيقة - الذي سنحلق فيه مسحورَين مُغيَّبَين بسعادة الحب ومحققين - في ذات الوقت - أحلامنا للوطن وللإنسانية وللعلم. ولهذا الأخير (على ما أعتقد) سنخضع وندين وننتشي فهو خير قدر خُلقنا لنعيش لأجله ولتحقيقه)).

جعل بير من نفسه راهبا في محراب العلم واعتكف في صومعته فلم يتزوج حتى بلوغه السادسة والثلاثين من العمر، فهو لم يتمكن من تصور وجود (المعادلة) الصحيحة المتوازنة المستقرة لزواجه وحبه الجنوني وولعه المفرط بالعلم الذي نذر نفسه له. لم تتمكن من عقله ومشاعره سوى ماري البولندية - الفتاة الشقراء النحيلة النشطة التي تشع ذكاء وحيوية - فتزوجها في عام (1895). لقد أطال (بيت مور - Pete Moore) في كتابه (E = mc2 - الأفكار العظيمة التي شكلت العالم - The Great Ideas That Shaped Our World: E =mc2) في وصف حالات الحب والوجد التي ربطت بين الاثنين فهو قد نقل نص ما كتبته ماري بحق زوجها (متيّمها) مبينةً شعورها نحوه قائلا: **(كان خير زوج يمكن أن أحلم به، فهو هبةُ السماء لي فلا مثيل له في العالم أجمع وما كنت لأعرف كيف سأمضي حياتي وأكملها بدونه).** كان (بيير) أستاذها، وأغرم بها غرام الأستاذ بتلميذته التي تمنعت وتدللت ثم مالت وأحبت حتى انقادت لصوتي عقلها وقلبها معا فشُغفت به وهامت. ولكن الحق يقال إن صوت العقل كان المتمكن من علاقتها به، فكان العلم رابطهما اللذيذ المفضل

أول الأمر، ثم ما لبثت أن نمت العاطفة بينهما فلفتهما بنشوة بدأت مع العلم ولم يعرفا لها نهاية..!

اكتشف الفيزيائي الفرنسي [انتوني هنري بكيوريل - Antoine Henri Becquerel 1908-1852] في عام(1896) ظاهرةً فريدة لفتت انتباهه وسرعان ما حازت إعجاب واهتمام (بيير كيوري وزوجته ماري) فعكفا على دراستها، ألا وهي (الظاهرة الإشعاعية الذرية)، لقد وجد (بيكوريل) أن لأحد مركبات اليورانيوم خاصية التأثير على ألواح التصوير الفوتغرافي بصورة مشابهة لما يفعله الضوء في عملية التصوير، فلقد لاحظ وجود آثار مشابهة على تلك الألواح بعد تظهيرها حتى وإن كانت مغلفة مغلقة، بحيث لا تتأثر بالضوء. عكف (بيير وماري) على دراسة هذه الظاهرة وأفنيا نفسيهما في مختبر صغير معدم التجهيزات أو يكاد... صارعا خلال فترة بحثهما الفقر بساعات طويلة من التدريس الخصوصي للطلبة خارج ساعات الدراسة الرسمية حتى يحصلان على المصاريف اللازمة لإدامته، إذا لم نقل لإيجاد ما يسد رمقهما من طعام وشراب. أكان مختبرا حقا ذاك الذي شهد ميلاد إنجازهما الخارق؟ وكان يئن ناضحاً كلما ضربته زخاتُ المطر!؟... أما الأبخرة السامة المتصاعدة من تجاربهما فكانت تُسحبُ بصمت شيطاني قاتل إلى داخل رئتيهما حيث انعدمت ساحبات الهواء لتقذفه خارجاً بعيداً عنهما!.

تُوجت الجهود المضنية للحبيبين في عام(1898) بإعلانهما اكتشاف عنصرين جديدين أُضيفا إلى جدول العناصر الدورية المعروف واللذين احتلا المركزين (84 و 88) الرابع والثمانين والثامن والثمانين فيه، وهما عنصرا (البولنيوم) و (الراديوم).

ولقد كان للولع الشديد والجهد المضني وللحب الصادق أثر بين ليس فقط على وضع علامات مهمة على طريق(النشاط الإشعاعي) كظاهرة خاصة بالعناصر التي اكتشفاها، وإنما على هذه الظاهرة كرابطة إنسانية وكرابطة حب بينهما بوجه العموم كذلك، حيث ظهر أثرها جليا بتسمية العنصر الأول بالراديوم (ويعني العنصر المشع) والثاني بالبولونيوم تمجيدا من(بيير) لمسقط رأس حبيبته. لقد كان لاكتشافها ذاك العديد من القصص و (الملاحم) التي صارت أصولاً للعديد من المواضيع الشيقة والخطيرة فبملاحظة مقدار الحرارة المنبعثة من جزيئات الراديوم وضع (بيير) وتلاميذه اللبنة الأولى فيما سيسمى لاحقا بـ (علم الطاقة الذرية)، كما أنهما كانا أول من وثق التأثير الالتهابي الخارق له على الأنسجة الحية وأرجعا سببه للتداعيات الذرية للمواد المشعة، كما كانا أول من اكتشف تأثير المغانيط على سير وانحراف المواد الناتجة من التحلل الذري وبذلك وثقا حقيقة وجود ثلاثة أصناف من المواد المنبعثة من المواد المشعة إحداها موجبة والثانية سالبة الشحنة والثالثة متعادلة.

نشر (بيير وماري) ما بين عامي(1899 و 1900) بحثهما الشهير عن النشاط الإشعاعي

للراديوم، ذلك البحث الذي شرحا فيه خصائصه الضوئية والكهربائية والمغناطيسية والكيميائية الأخرى وكان من الجدية والألمعية بحيث قاد كاتبيه مع مساعدهما الدكتور (بيكيولر – Becauerel) إلى منصة استلام (جائزة نوبل) للفيزياء لعام (1903)، حيث جاء في خطاب تعميدهم ما يلي: (**تقديرا لجهودهم المشتركة في الاكتشاف والمعاناة التي خاضاها معا لإماطة اللثام عن ظاهرة الراديوم الإشعاعية**).

قاد الاكتشاف الفريد الزوجين كذلك للحصول على مدالية (ديفي – Davy)[1] التي منحتهما إياها الجمعية الملكية في لندن عام (1903).

نُشر بحث الزوجين في العديد من الدوريات العلمية كنشرة اكاديمية العلوم ومجلة الفيزياء وحوليات الفيزياء والكيمياء. هذا وقد انتخب (بيير) في عام (1905) لعضوية أكاديمية العلوم والتي كانت تمثل منصبا مرموقا وشرفا علميا لا يُعلى عليه لذوي الاكتشافات المرموقة في التاريخ الإنساني.

قُتل (بيير) عام (1906) إثر انفجار رأسه بعد ارتطامه بحافة الطريق إثر حادث عربة صدمته في باريس بعد خروجه منهكا من مختبره في ليلة ليلاء ممطرة، وبذلك تناثرت حجيرات دماغ يندر أن يجود القدر بها، ومازجت خلاياه الممزقة وعظام جمجمته المحطمة أوحال ذلك الزقاق الباريسي المظلم وأوساخه واضعة نهاية حزينة لحياته وللسعادة التي سكنت قلب محبوبته أيضا. لقد كان القدر محاصراً لـ (بيير)، فلو لم يكن قد مات بهذه الطريقة لكان قد مات كما ماتت زوجته (ماري) بعد عدة سنوات بمرض سرطان الدم الناتج عن التعرض الفائق (للراديوم) وإشعاعاته خلال سنوات البحث والتنقية والجهاد المشترك، ولعلك لا تصدق مدى ولع أو جنون (بيير) بنشوة بحثه وافتتانه (بالراديوم) الذي اكتشفه، فلقد بلغ هوسه به الدرجة التي قادته إلى تعريض ذراعه لساعات طوال للإشعاع القاتل ليلاحظ تأثر أنسجته بالإشعاع وظهور الحروق الذرية عليها، كي يدرسها مليّاً بنفسه... ثم لينتشي طويلا بعد ذلك بملاحقة الأيام الطوال اللازمة لشفاء تلك الحروق التي احتاجت أشهراً لتندمل بكل ما لفها من آلام وتقرحات، وليالٍ جافى النوم أجفانه فيها!.

(1) The Davy Medal – وهي الميدالية التي تمنحها (الجمعية الملكية في لندن) سنوياً (لأحدث إنجاز علمي خلاق في أي من مجالات علم الكيمياء). اتخذت اسمها من اسم العالم الجليل [السير همفري ديفي (1778-1829) Hemphry Davy] وتتألف من ميدالية معدنية مع جائزة مادية بقيمة (1000 باوند أسترليني). منحت هذه الميدالية لأول مرة في عام (1877) لكل من (روبرت ولهلم بنصن) و (روبرت كرتشهوف) وذلك عن أبحاثهما واكتشافاتهما في حقل التحليل الطيفي (Spectrum Analysis). لم يتوقف منح هذه الميدالية أبداً على مر الزمن وهي بذلك قد فاقت الميدالية التي تمنحها (الجمعية الملكية) والمسماة بمدالية (هوكز – Hughes). هذا وقد تم منحها ولحد الآن (131) مرة، آخرها كان للعالم الأسكوتلاندي [جيمس فريزر ستودارت (المولود عام 1942) James Fraser Stoddart] وذلك لمساهماته في مجال التقنية الجزيئية). (المترجم)

ذكرت الكاتبة (باربارا كولدسمث - Barbara Goldswith) مؤلفة كتاب (العبقرية المتلبسة بالجنون) ما خلف كواليس حياة (ماري كيوري) تصف اللامبالاة التي تلبست الزوجين في تعاملهما مع (الراديوم) المشع مقارنة بمعايير السلامة المهنية الصارمة المتبعة الآن في التعامل مع المواد المشعة؛ فلقد وصفت زيارة الفيزيائي (ارنست رذرفورد - Ernest Rutherford) للزوجين واحتفاله معهما بوليدهما الشيطاني الجديد قائلة:

((انتهت مراسيم العشاء، وقد كانت رائعةً لا تنسى ودارت فناجين الشاي[1] على الجميع حتى احتسوها ممزوجة بسعادة الرضا وحبور النقاش العلمي الودود ثم ما لبثوا أن انقادوا لجولة مسائية مستمتعين بالهدوء الذي جلبته سدول الليل الجميل كأميرة نائمة موشحة بالطمأنينة ويلفها السكون، ثم ما لبث أن مد (بيير) يده إلى جيبه حيث كانت تستريح (ومنذ زمن!) زجاجة رفعها عاليا في الهواء فإذا هي لماعة وهاجة ترسل ضياءً خافتاً أخاذاً فاتناً. أضاء أنبوب (بروميد الراديوم) وجه (ماري) المنهك كما أضاء كافة التجاعيد والحفر والقروح التي لاحظها (رذرفورد) على يد بيير وأصابعه شبه المدمرة من أثره!)).

قررت هيئة العلوم تعيين (ماري) في كرسي زوجها المتوفى تقديراً لها وإجلالاً له ولضمان استمرار العمل الذي بدأه، كما أحيت الجمعية الفرنسية للعلوم في عام (1908) ذكرى فقيدها العزيز (بيير) بعد وفاته بإعادة طبع ونشر أعماله العلمية الكاملة بمجلد واحد ضم ما يقارب (600) صفحة.

استمرت ماري بعملها الذي نذرت حياتها من أجله حتى توجته بحصولها على جائزة نوبل في عام (1911) (تقديرا لجهودها المتميزة في تقدم علم الكيمياء باكتشافها لعنصري (الراديوم) و(البولونيوم) وتمكنها من عزل عنصر (الراديوم) ودراستها لطبيعة ومركبات هذا العنصر الفذ) وبذلك نقشت (ماري) اسمها في سجل الخالدين كأول شخص يحصل على (جائزة نوبل) لمرتين في العالم.

ولعل في الذكر المختصر لسيرة هذه العائلة وأبنائها ما ينير الدرب لكل طموحٍ مثابرٍ، فلم تتوفر لهم الكثير من الإمكانيات المادية ولكنهم تمكنوا مما لم يتمكن منه بقية المترفين. حصلت ابنة (ماري وبيير) الكبرى [ايرين (1897-1956) Irene] وزوجها العالم الفيزيائي الفرنسي [جين فردريك جوليو (1900-1958) Jean Frederic Joliot] على جائزة نوبل للكيمياء عام (1935) كما اشتهرت ابنتهما الصغرى (ايفا) بكتابتها قصة حياة والدتها وتاريخ معاناتها وإنجازاتها والذي نشر في عام (1938) بعنوان (مدام كيوري). ولعل رغبة كتابة الابنة عن أمها يعود إلى رغبة الأم بالكتابة

(1) The Joyful Toasts - في أصل النص. (المترجم).

عن زوجها، فقد سبق الإشارة إلى أن (ماري) كانت قد كتبت سيرة حياة زوجها (بيير) والتي ضمّنتها معاناتهـا معه كعالمين عانا الكثير من الحرمان المادي والمآسي وانعدام المساعدة والإسناد في بحوثهما العلمية حتى تمكنا من شق طريقهما نحو الشهرة والجائزة والخلود في ضمائر الناجحين.

لم يعـان أحد كمـا عانت هذه العائلة المثابرة، وقـد يصدق عليها المثل القائل بـأن (الحقيقة أغرب من الخيـال) ولعله من الصعوبة بمكان تصور الثمن الفادح من التعب والإرهاق والمال والصحة الذي كانت هـذه العائلة قد بذلته مع من عمل معهـا ورافقها في طريق الكفاح ورحلة اكتشاف المجهول وفتح باب العلـم على (ظاهرة النشاط الإشعاعي) كما لم يُفتح من قبل، فلقد عانت مساعدة ماري (بلانش وتمن – Blanche Wittman) من آثار التسمم الإشعاعي نتيجة تعرضها المستمر لتلك المواد لدرجة أدت إلى بتر كلا ساقيها وذراعها الأيسر ولم تُر بعد ذلك إلا وكأنها مسخ مشوه – ككتلة لحمية على كرسي متحرك لا تـكاد ترى منها إلا ذراعاً متحركاً واحداً ووجهاً مشوهاً حزيناً. لقد تعاطفت (ماري) مع مساعدتها أشد التعاطف وأسكنتها معها في شقتها حتى وافاها أجلها المحتوم بعد آلام مبرحة في عام (1913).

ولعـل في الرواية الواقعية التي كتبها (بر اولوف انكوست – Per Olov Enqvist) والتي نُشرت في عـام (2006) بعنوان (كتاب ماري وبلانش) شيء من حقيقة ما جابهته هاتان السيدتان الفريدتان مـن معاناة وألم وما مـرا به من أهوال وصعاب وهي رواية مؤثرة استمد العديد من الكتاب أمثال (لوان كانز – Luan Gaines) مادة سلسلة غنية منها فصارت مثلا للكفاح العلمي اللامحدود.

كتب (لوان كينز – Luan Gaines) يصف ما عانته الآنسة (وتمن – Wittmen) يقول:

((لعل بإمكانك تصـور ذلك المشـهد المأسـاوي الحزين والملفوف بالألم والمحاط بشـياطين الموت لرأسـي امرأتين عاكفتين على معالجة مئات الكيلوغرامات من تلك المادة الشـيطانية القاتلة ذات الأبخرة السامة غير المرئية والإشعاعات الخفية المهلكة والتي طمست (وكأنها السحر الأسود المشؤوم) كامل جمال (بلانش) الآسر وقضمت وشوهت يد (ماري) اليمنى ومسـخت وجههـا. لقد لفت روح الصـداقة وأجنحتها وظلال التضـحية ومودتها هاتين (الأختـين) وهما تواجهان – وببهجة طاغية!! هذا الشـيطان المتوهـج الآسر، الذي لم يترك المرأة الجميلة الجذابة (بلانش) إلا وهي مجرد مسـخ برأسٍ حائرٍ وجسدٍ مترهل بلا أطراف، اللهم إلا بعض أصابع يدها اليمنى التي أبت إلا أن تخطّ (وبإصرار قلّ نظيره) أفكارها وسيرة حياتها بملحمة خالدة سـطرتها بدمها قبل دموعها وعمدتها بصـبرها وبآلامها وروت فيها صراعها مع هذا المارد الخفي المهلك، بل مع الطاغوت الجديد الذي لم يكن بالحقيقة سـوى الموت بعينه، ذلك القدر الذي عاشت معه وعاصرته وراقبته وهو يُترعها كأس المنون الذي

تجرعته، وشعرت به وهو يتغلغل بين ثنايا جسدها ويقضم خلاياها الواحدة تلو الأخرى)).

وبإمكانك الآن تصور الخطر الذي كان قد أحاط بالمرأتين والموت الزوآم الذي تسلل إليهما (عبر كل شهيق هواء وكل مسامة جلد) وهما غافلتان عنه تماما، إذا علمت أن عملية إعادة تأهيل الأوراق والمذكرات والمصادر التي كانت تضعها (ماري) على طاولتها وتُقَلّبها بأصابعها قد استغرقت ما لا يقل عن العامين الكاملين من المعالجة والتنقية لإزالة الآثار المشعة لعنصر (الراديوم) عنها والتي كانت قد تلوثت بها قبل ان يُسمح بإدخالها إلى المكتبة الوطنية الفرنسية حوالي عام (1995) وعرضها للاطلاع عليها والاستفادة منها من قبل رُوادها والباحثين.

ولد (بيير ويس – Pierre Weiss) عام (1865) في مدينة ملهاوس (Mulhouse) الفرنسية لأب امتهن الخياطةَ في أحد متاجر الأقمشة. واشتهر بنظرياته عن المغناطيسية التي شملت ملاحظة ومحاولة تفسير العديد من الظواهر ذوات العلاقة كظاهرة الاختفاء المفاجئ لمغناطيسية المواد الممغنطة طبيعيا عند تسخينها لما يفوق (درجة كيوري).

تخرج (ويس) عام (1887) الأول على صفه حاصلا على درجة الإجازة في الهندسة من (معهد البوليتكتيك)، وفي عام (1902) أصبح أستاذا ومديرا لمختبرات الفيزياء في ذات المعهد. وكما سبق ذكره فقد تمكن (ويس) هذا من تحوير قانون (كيوري) للمغناطيسية وجعله أكثر عمومية بشموله تفسير تصرف المواد شبه المغناطيسية لما فوق (درجة كيوري) الخاصة بها. وتمكن بعد إدراكه لموضوع المغناطيسية وفهمه العميق له من وضع تصوره الشهير عام (1907) حول ماهية المغناطيسية الطبيعية ونظريتها التي افترضت (وباختصار) احتواء كافة المواد المغناطيسية الدائمة على وحدات مغناطيسية صغيرة مفردة، سميت لاحقاً بـ (الحدود المغناطيسية – Magnetic Domains). كما توصل كذلك في عام (1918) إلى اكتشاف الظاهرة الكهروحرارية واستطاع أن يربطها بقوانين الديناميكية الحرارية المعروفة آنذاك واستطاع بذلك حساب التغيرات الطارئة على درجة حرارة المواد المعرضة لتغيرات محسوسة في المجال المغناطيسي المسلط عليها.

لا نعرف إلا النزر اليسير عن الحياة الشخصية لـ (ويس) هذا وكل ما نعرفه هو أنه كان قد تزوج من المدعوة (جين رانسس – Jane Rances) ذات الأصول الإنكليزية من ناحية والدتها، أما هيئته فكانت مهيبةً بطوله الفارع وشاربه الكث. رُزق بابنة جميلة اسماها (نيكول) والتي تزوجت في عام (1938) من الرياضي الفرنسي الشهير [هنري كارتان Henri Cartan (1904–2008)] الذي اشتهر بإسهاماته الفذة التي كانت حجر الأساس في تطوير نظرية الدوال التحليلية. توفيت زوجته

عام (1919) ولم يتزوج بعدها إلا في عام (1922) من (مارثا كلين – Martha Klwin) والتي كانت خريجة جامعية حاصلة على شهادة الامتياز في تدريس الفيزياء، وعملت كفني شعاعي تشخيصي. أما أشهر ما عُرفت به (مارثا) فهو تفهمها للصعوبات التي وُضعت لعرقلة تقدم المرأة العلمي في أوائل القرن العشرين وكانت قد عكست ذلك في رسالتها الشهيرة المنشورة في عام (1919) والتي صاغت فيها معاناتها ومعاناة بنات جلدتها من اضطرارهن للابتعاد عن اختصاصاتهن وممارسة أعمال أخرى مغايرة أو حتى مناقضة... تفادياً للبطالة وطلبا للقمة العيش المرير لا غير!

كتبت (مارثا) قائلة: (لقد أجبروني على تدريس مادة التاريخ الطبيعي لطالبات المرحلة الابتدائية اللائي لا تتجاوز أعمارهن الـ (10 – 14) عاماً وإمعاناً في إبعادي عن تخصصي في تدريس الفيزياء فلقد وجدت نفسي مرغمة (وفي أحيان كثيرة) على تدريس مواد مثل الاقتصاد المنزلي الذي لا أُطيقه!!).

لتوضيح أهمية الفكر الخلاق الذي حمله (ويس) والذي استنبط بفضله فكرة وجود (الكتل أو الوحدات المغناطيسية واعتبارها أساساً للبناء المغناطيسي للمواد التي تمتاز بها، كتب (يتينيه دو تريموليه – Etienne Du Tremolet) وزملائه مقالة في دورية (أسس المغناطيسية) جاء فيها:

> **((افترض (ويس) وجود تكتلات مغناطيسية دقيقة على المستوى الميكروي (أي بأبعاد تقارب الواحد من المليون من المتر – أو الواحد من الألف من المليمتر) تتموضع داخل المواد دائمة المغناطيسية وتمتاز باتخاذها قطبية ثنائية (سالبة – موجبة أو شمالية – جنوبية)وتعتبر هذه التكتلات هي المصدر الأساسي للمغناطيسية الطبيعية (فهي ممغنطة بطبيعتها) ولكن لا يعني ذلك بالضرورة اصطفاف (كافة) تكتلاتها الدقيقة على قدم المساواة بالطور، ولا على هيئة التطابق في القطبية. ولهذا نجد الحاصل العام لتأثيرها المغناطيسي يكاد يكون صفرا بالنظر لعدم تكوين أي عزوم مغناطيسية ملموسة لها ولذلك تظهر تلك المواد وكأنها عديمة المغناطيسية)).**

أُطلق اسم (تكتلات ويس) على هذه التكتلات المغناطيسية الميكروية الدقيقة التي اقترحها اعترافاً بفضله، ويعتقد اليوم أنها غالبا ما تكون مفصولة بمستويات وأسطح تسمى (أسطح بلوخ The Bloch Walls) والتي تتألف من عدد معين من المستويات الذرية والتي يفترض أن تكون مسؤولة عن إعادة توجيه العزوم المغناطيسية المتناثرة والتي غالبا ما تمر من كتلة مغناطيسية إلى أخرى عبر تلك المستويات.

ولعل خير ما نُنهي به مواساتنا لأنفسنا عن عالمنا الفذ (بيير كيوري) هو بالعودة إلى مأساة وفاته تلك الفاجعة التي حطمت كيان (ماري) زوجته، وأَكلَمَت قلبها، بل وهزت كيان المجتمع العلمي

الفرنسـي قاطبـة في ذلك الوقـت، وبالإمكان تصور حجم تلـك الفاجعة التي ألمـت بالأكاديميين والأساتذة والعلماء بمراجعة واحدة من عشرات رسائل النعي والذكريات التي استلمتها (ماري) بعد وفاة زوجها وحرصت على نشر مختصراتها. ولعلي أكتفي هنا بما جادت به قريحةُ صديقـة الرياضـي الفرنسـي الشهير [هنري بونكاغ Henri Poincare (1854–1912)] والتي جاء فيهـا:

((جلسـت إلى جانبه أحاوره حتى أوشـكت أحجار موقده الحجري الأنيق، الحاضنة لجذوة ناره أن تُواري بحنان بقايا ذؤيبات اللهب الموشـكة على الأفول وكأنها قد فضلت النوم مبكرة تلك الليلة!. رحل نور الموقد (أو أوشك) ولكأن القدر يوشك بدوره على الإيذان برحيل نور بشري أثـير إثر رحيل وخبو تلك الذؤيبـات المنيرة... تكلم بطلاقة وانفتاح أفق حتى انسـابت أفكاره متسلسلة مرتبة وفاقت حدود الواقع والخيال حتى لكأنني كنت أستمع لصوت آت من عالم آخر أو لكأني كنت أطير مع أحاديثه على أجنحة من النشـوة زُيّنتْ بحقائق العلم. لقد كانت أفكارُه غنيةً ثَرّةً وكانت آراؤه عميقة ثاقبة، فلقد اكتسـب ذهنه تلك الطريقة الساحرة المبينة في التعامل مـع الظواهر والأحداث والتي لا تترك لك إلا مجال الإعجاب بتسلسـل تلك الأفكار والانبهار بذاك الذهن النير المعطاء. لقد تسمر عقلي في تلك الليلة خاشعاً وذُهلت بصيرتي مفتونةً بعظمة الفكر الإنسـاني وتجلياته الباهرة في الرجل – ولكأنه كان ينطق بصوت الوحي – الذي رفعه إليه في مسـاء الليلة الموالية – لقد كان ذكاؤه الوقّاد يتراءى أمامي ككلمات وجمل وكحقائق تكاد يداي أن تجسها وتكاد عيناي أن تحسها كما تحسان بضوء فلق الصباح. ولكن الذي دك مسمعي وأرعد كياني هو خبر الحادث الذي شـهده رصيف طريق مختبره في مساء اليوم التالي، والذي محا ليس نور الأمل في نفسـي من إكمال التفكير والبحث بما حدثني به وإنما قضى على آخر بصيص نـور مـن حياة ذلك العقل الوقاد وذلك الإنسـان الفذ الذي ودعني بعـد أن أودعني حمل هذه الأفكار في تلك الليلة!.

ذكرتني ركلة الحصان الهائج التي فجرت دماغ (بيير) بعد أن صدعته بحافة الرصيف المبتلة بمياه المطر الموحلة والملوثة ببقايا النفايات القذرة بتفاهة الأفكار العظيمة وضـآلتها في مواجهة جحافل الظلام والقوى العمياء الغاشـمة التي تصـول وتجول بلا وازع ولا رادع ولا هاد في أرجاء الكون مكتسـحة وطامسة أمامها كل ما تجده من خير ونور!)).

لم يجـد علمـاء فرنسا والعالم أجمع غير الكلام لينعوا به هذه الشخصيـة الخالدة رغم جهودهـم البينة في إسبـاغ ما استطاعـوا عليه من آيات الاحـترام والتبجيل فلم يبق في بلدنا مواطنـا واحدا مهما كان

جهلـه بالعلم والعلماء إلا وقد اعتصَرت روحه اللوعة وعـم قلبه القنوط للخسارة الجسيمة التي لحقت الأمـة والعالم بخســارة هذه المنارة العلميـة والإنسانية التي قل أن يجود الزمان بهــا. لم ينظر (بيير) ولا العظمــاء وأمثالـه إلى داخل أنفسهــم ولا إلى أسطح الظواهر التي درسوها وإنمــا كان لهم قابلية الولوج إلى أعمــاق الأشيــاء والنظر إلى دواخلها ومضامينها محاولين فهم أسرارها. لقد كان لمزيج الحب والعمل نتائجه السحرية الباهرة، فلقد عشق (بيير) الكمال وجعله ديدنه الأعلى وتشرّبَ بحبه لعمله حتى كان عمله هو حياته نفسها... فتطابقا، ولقد ضرب لنا أسطع الأمثلة على عظمة الإنجاز وروعة الإبداع إذا مــا أحــب الإنسان الحقيقة وسعى لها سعيها وهو مؤمن بها. لعل (بيير) كان متذبذبا في بعض معتقداته الدينيــة، ولكن إيمانه الراسخ بالحق والفضيلة والصــدق في المشاعر والإخلاص في العمل كنّ الصفات اللآئي أوصلته إلى إنجازاته، وفي ذلك خير عنوان لعمق احترامنا له.

سميــت إحدى فُوّهات القمر بقطر (151 كيلومترا) باسمه تقديراً له، وتمت المصادقة على ذلك في عام (1970) من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالمية.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Applied Alloy Chemistry Group. "Classification of Magnetic Materials." University of Birmingham; see www.aacg.bham.ac.uk/magnetic materials/type.htm#Diamagnetism#Diamagnetism.

Curie, Marie. *Pierre Curie*, Charlotte and Vernon Kellogg, translators (New York: Macmillan, 1923); see etext.lib.virginia.edu/toc/modeng/public/CurPier.html.

De Lacheisserie, Etienne Du Tremolet, Damien Gignoux, and Michel Schlenker. *Magnetism: Fundamentals* (New York: Springer, 2004).

Enquist, Per Olov. *The Book about Blanche and Marie* (New York: Overlook Press, 2006).

Gaines, Luan. "Book Review of *The Book about Blanche and Marie*." *Curled Up with a Good Book* (e-zine); see www.curledup.com/blanchem.htm.

Goldsmith, Barbara. *Obsessive Genius: The Inner World of Marie Curie* (New York: W. W. Norton, 2004)

Martin, D. H., *Magnetism in Solids* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1967).

Moore, Pete. *$E = mc^2$ The Great Ideas That Shaped Our World* (New York: Sterling Publishing, 2005).

Nobel Foundation, "Pierre Curie Biography," in *Nobel Lectures, Physics 1901–1921* (Amsterdam: Elsevier Publishing Company, 1967); see nobelprize.org/physics/laureates/1903/pierre-curie-bio.html.

Perrin, Francis. "Pierre Weiss," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Prepost, R., "Ferromagnetism—the Curie Temperature of Gadolinium." University of Wisconsin; see www.hep.wisc.edu/~prepost/407/curie/curie.pdf.

Wyart, Jean, "Pierre Curie," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970)

أفكار فلسفية و آراء للمناقشة:

- للرياضيات العالمية رموزها الخاصة والتي قد تظهر معقدة وغير مفهومة لغير المختص ولكن رغم ذلك أيمكننا أن نساوي بين تعقيداتها وإبهامها وبين فوضى ذات الرموز إذا ما اصطفت عشوائيا بعد رفس جردل مملوء بها من قبل أحد المجانين؟

بيل

Eric Terple Bell quoted in J.R. Newman's "The World of Mathematics"

ما اختاره (نيومن) من قوله في كتاب (عالم الرياضيات).

- لا يوجد بين طيات الكتب وصفحات المجلدات إلا النزر اليسير من أمهات القوانين، كونية التطبيق من العيار الثقيل أمثال (قانون قوى نيوتن الثاني):

$$F(x,t) = m(x).\ d^2s(x,t) / dt^2$$

ولكن يوجد هناك الكثير من القوانين التي تحكم لنا بعض (القوى الخاصة) كقوانين التجاذب بين الأجرام وبين الشحنات الكهربائية.

أنا لا أشكك بصحة قوانين الفيزياء التي وضعناها ولكن لي أن أقول إنها لا تفسر لنا ماهية القوة الفاعلة، فهي لا توضح لنا أياً من القوى هي المبادرة وأياً من القوى هي التابعة لها، أما قوانين الأنظمة التي تفسر لنا أنظمة محدودة ضمن إطار زمني معلوم (Δt) فهي تعتمد على تعاريف محددة وخصوصيات مقننة للقوى الفعالة ضمنها ؛ ولعل في قوانين (كبلر - Kepler) لمدارات الكواكب الإهليجية والنظرية الموجية الكلاسيكية أمثلة بينة على ذلك.

شرز

Gerhard Schurz, Normic Laws, Non - Monotonic Reasoning, and the Unity of Science.

مقتطف من كتابه (القوانين الطبيعية والسببية اللاأحادية ووحدة العلوم).

- لعلك توافقني الرأي بوجود جدران كاملة في مكتبات ضخمة عامرة بالأعداد الهائلة من الرفوف التي تنوء بحمل الآلاف من كتب الإلكترونيات والكم والكهربائية الكمية... ولكني على يقين من استحالة وجود أي كتاب من بينها، يضم بين دفتيه التعريف العلمي الصحيح والدقيق (للالكترون) لسبب بسيط، واضح جلي.... وهو إننا لا نملك أدنى تصور عن ما هيته!.

انك

Vincent Icke, The Force of Symmetry.

مقتطف من كتابه (قوة التماثل).

- أنا على يقين ليس فقط من (موضوع الإله) وتصرفه العشوائي بالكون (حسب مبدأ العشوائية أو لعبة النرد) فحسب، وإنما لا أستطيع تخيل وجود الكون أصلا بدون ذلك! فالعشوائية تحتوينا من كافة الأوجه وتلفنا من كل الزوايا فهي فينا وحولنا وفي كل شيء وفي كل مكان. ولعلي أكاد أجزم بكونها (هي) مصدر وجودنا، فالخصائص الكميمية عشوائية بلا سبب معروف وإليها يعود فضل (كينونة) الوجود فهي تلهو بطرق كل الأبواب وباكتشاف كل الاحتمالات الممكنة للتطور وتجيء بها من خلال طيات الوجود وتسطرها على صفحات الزمن.

شون

Marcus Chown. "It's All Down to a Roll of the Dice"

New scientist (oxcerpts of Interview with Stephen Hsu and Nick Evans).

مقتطف من مقالة نشرت في مجلة (نيوسينتست) بعنوان (لعلها بأجمعها ضربة حظ

الكتاب عبارة عن سفر غني ثرّ مثل جولات مستفيضة ومختصرة ومناقشات مفهومة وأخر غامضة، وسجالات ناجحة وغيرها فاشلة.. ما بين مبدعين أقل ما وصفوا به هو الألمعية والعبقرية.

سيقاد ذهنك ويؤخذ لبك في رحلة شيقة معطاء ليس أقلها التعرف على (معنى الحقيقة حقاً!)، و(متى سيكتشف القانون الأخير في الكون؟)، وكيف تتذوق (إثبات جمال الرياضيات ورشاقتها)، و(إدراك فضلها على سائر العلوم)، فضلاً عن معرفة (الأماكن التي عاش فيها مكتشفو القوانين ومبدعوها) ومعايشة (صبرهم ومعاناتهم) ومن ثم اكتشاف سر (أشهر عشر معادلات رياضية حملتها طوابع نيكاراجوا البريدية)!.

كما ستتعرف على مبدأ الشك (لهيزنبرك)، والمعادلات الموجية (لشرودنجر)، ومعادلات المجال (لأينشتين) ونظريته في النسبية، وما يراه (هاوكنج) بصدد هندسة ومصير الكون وتوصيفه لثقوبه السوداء، و(دلو) لتطورها البيولوجي، وعشرات غيرها.

